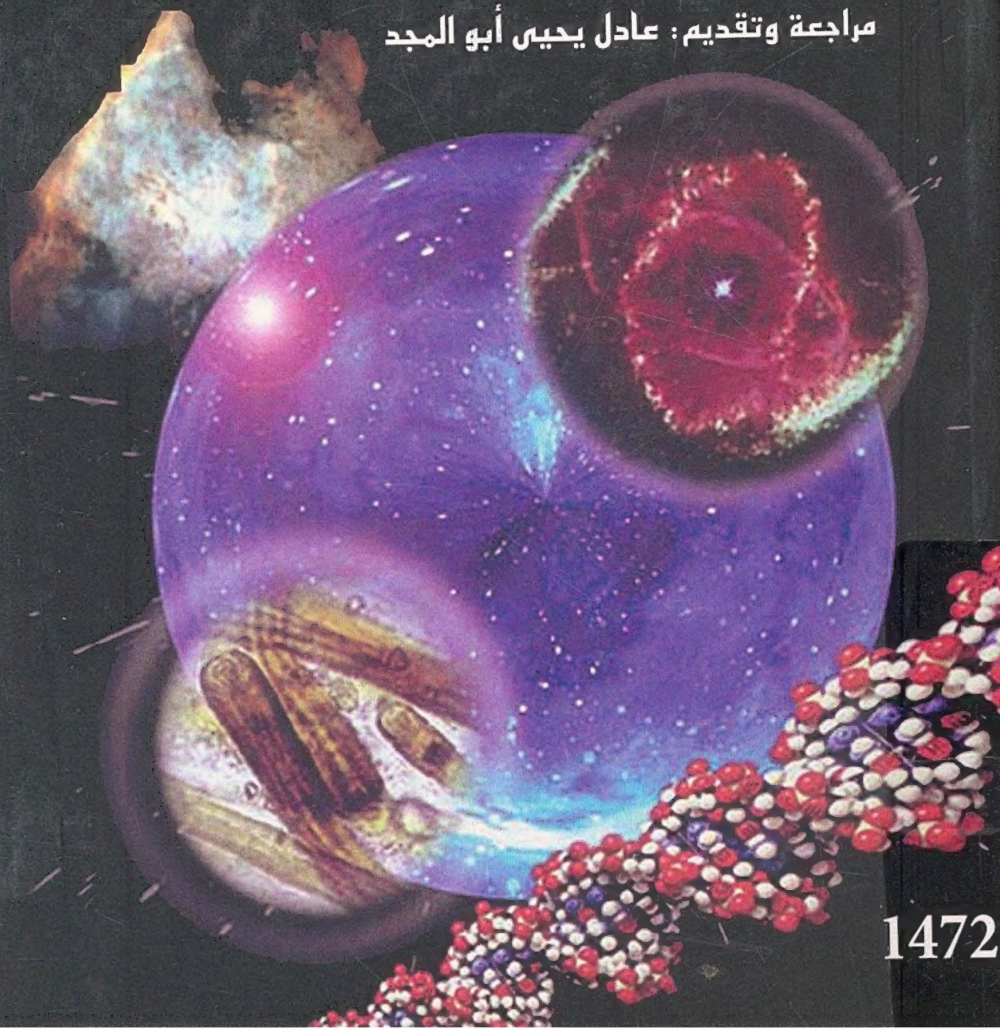


أصل الحياة

تأليف: بول ديفيز

ترجمة: منير شريف

مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد



أصل الحياة

المركز القومي للترجمة

إشراف: جابر عصفور

- العدد: 1472
- أصل الحياة
- بول ديفينز
- منير شريف
- عادل يحيى أبو المجد
- الطبعة الأولى 2010

هذه ترجمة كتاب :

The Fifth Miracle

By: Paul Davies

Copyright © 1999 by Orion Productions

All Rights Reserved

حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمركز القومي للترجمة

شارع الجبلية بالأويرا - الجزيرة - القاهرة ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ - ٢٧٣٥٤٥٢٦ - فاكس : ٢٧٣٥٤٥٥٤

EL- Gabalaya st., Opera House, El Gezira, Cairo

e.mail:egyptcouncil@yahoo.com Tel.: 2735424 - 2735426 Fax: 27354554

أصل الحياة

تأليف: بول ديفيز

ترجمة: منير شريف

مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد



2010

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

ديفيز، بول
أصل الحياة / تأليف : بول ديفيز، ترجمة: منير شريف،
مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد ؛
ط ١ - القاهرة : المركز القومى للترجمة ، ٢٠١٠
٥٦٤ ص، ٢٤ سم
١- أصل الحياة
٢ - النشوء والارتقاء
(أ) شريف، منير (مترجم)
(ب) أبو المجد، عادل يحيى (مراجع ومقدم)
(ج) العنوان
٥٧٦،٨٣

رقم الإيداع : ١٣٧٩٦ / ٢٠٠٩
الترقيم الدولى : 7 - 458 - 479 - 977 - 978 - I.S.B.N
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

تهدف إصدارات المركز القومى للترجمة إلى تقديم الاتجاهات والمذاهب الفكرية المختلفة للقارئ العربى وتعريفه بها، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافتهم ولا تعبر بالضرورة عن رأى المركز.

المحتويات

11	.....مقدمة المراجع
13	.....تصدير المترجم
17	.....مقدمة المؤلف
39	.....الفصل الأول: معنى الحياة
42	.....• الأصل الغامض للحياة
48	.....• ما الحياة؟
54	.....• قوة الحياة، وملاحظات غير قابلة للتصديق
59	.....• قصة الجزىء القديم (الأول)
63	.....• الميكروبات والبحث عن جنة عدن Eden
71	.....الفصل الثانى: عكس اتجاه المد
72	.....• مبدأ الفساد أو التفسخ
80	.....• من أين تجيء المعرفة البيولوجية؟
86	.....• الفجوة الأنثروبية: الجاذبية كمنبع رئيسى للنظام
99	.....الفصل الثالث: الخروج من الوحل
101	.....• شجرة الحياة
101	.....• الميادين الثلاثة للحياة
112	.....• أقدم أحفورة صخرية
116	.....• تلقائية أو عفوية التكاثر
122	.....• إعادة إنشاء «الشورية» البدائية أو الأصلية
133	.....• المصادفة وأصل الحياة
141	.....الفصل الرابع: الرسالة التى تبعث بها الآلة
144	.....• ضاعف ثم ضاعف
149	.....• صنع الحياة
155	.....• الشفرة الوراثية (الجينية)
162	.....• تلقى الرسالة
165	.....• شفرة داخل الشفرة

179	..... الفصل الخامس: متناقضة البيضة والفرخة.
180	..... • الرنا RNA فى البداية.
190	..... • الرنا RNA فى النهاية.
197	..... • التنظيم الذاتى: شىء من لا شىء.
201	..... الفصل السادس: الترابط الكونى.
209	..... • الغبار النجمى فى عينيك.
212	..... • الكيمياء الكونية.
215	..... • التكوّن أو النشوء عبر الفضاء.
220	..... • تأثير الصدمات.
221	..... • تأثير «سيزيف» Sisyphus.
225	..... الفصل السابع: الحشرات العظمى.
239	..... • البعض يفضلونها ساخنة.
242	..... • الحياة تحت العالم المرئى.
248	..... • الصعود من «هاديس» "Hades".
256	..... • دعهم يأكلون «الصخور».
263	..... • ويبقى التاريخ.
275	..... الفصل الثامن: المريخ: هل يصطبغ باللون الأحمر ويموت؟
277	..... • مكان سيئ لقضاء إجازة.
282	..... • الفيضان.
288	..... • أثر الدفيئة المريخية.
292	..... • هل كانت ثمة حياة على المريخ؟
296	..... • هل لا تزال هناك حياة على المريخ؟
300	..... • الأحجار النيزكية القادمة من المريخ.
304	..... • دلالات لوجود حياة؟
314	..... • الطاعون القاتل للقادم من الكوكب الأحمر.
321	..... الفصل التاسع: «بانسبيرميا» "Panspermia" (البذور فى كل مكان) ..
329	..... • البقاء حيًا فى الفضاء.
333	..... • هل جاءت الحياة للأرض عبر الأحجار النيزكية؟

- 336 • هل أتت الحياة الأرضية من المريخ؟
- 348 • هل تذهب الحياة الأرضية إلى المريخ؟
- 363 الفصل العاشر: الكون المتعاطف بيولوجيًا أو (إحيائيًا)
- 366 • هل سبق أن بدأت الحياة؟
- 369 • هل زودتنا قوانين الطبيعة بأسباب الحياة؟
- 378 • هل هي "الدارونية" "Darwinism" دائمًا وعلى طول الخط؟
- 386 • سلم الارتقاء
- 395 • هل العقل محتوم بالقضاء والقدر؟

فی ذکرى «كىث رونكوم»

"Keith Runcom"

مقدمة المراجع

مؤلف هذا الكتاب - بول ديفيز - من كبار علماء الفيزياء النظرية وله مئات الأبحاث في هذا المجال، كما أنه ألف عشرات الكتب التى يبسط فيها النظريات الفيزيائية والفلكية، وترجم بعضها إلى العربية، لكنه فى هذا الكتاب اختار موضوعًا بعيدًا عن تخصصه - وهو أصل الحياة - هذا وإن دخلت الفيزياء النظرية بعضًا من شعابه. وقد درس المؤلف عديدًا من المراجع والأبحاث عن مختلف أشكال الحياة على سطح الأرض، وفى أعماق محيطاتها وتلك التى ربما أتت مع النيازك من الفضاء الخارجى، محاولاً الإجابة عن الأسئلة، التى طالما شغلت اهتمام العلماء والفلاسفة وغيرهم من قادة الفكر ورجال الدين عن كيفية نشأة الحياة والصور التى سرت بها.

ويبين المؤلف فى هذا الكتاب أن نظرية النشوء والارتقاء قد تطورت بدورها بدءًا من التفكير الساذج بأن أشكال الحياة نشأت عشوائيًا وتطورت من أشكال أقل تكيفًا مع البيئة إلى أشكال أكثر تكيفًا إلى التفكير الأكثر اتفاقًا مع الرياضيات الحديثة، وهو التطور نحو المزيد من التعقيد - وأن هذا الاتجاه فى التطور ليس بالاتجاه الوحيد، فهناك أمثلة عديدة تتنافى مع ذلك الاتجاه - كما استعرض المؤلف المناقشات حول ما إذا كانت الحياة نشأت خارج الأرض، وربما خارج النظام الشمسى كله، وهل نحن وحدنا فى الكون أو أنه توجد حيوات أخرى ربما أكثر تقدمًا منا؟

وترجم هذا الكتاب - منير شريف - الذى حصل (من بين درجات علمية أخرى مساوية) على ليسانس فى الفلسفة، وترجم العديد من الكتب عن أصل الكون وفيزياته - بعضها للمؤلف الحالى - لكنه جديد أيضًا على البحث فى أصل الحياة،

مما جعله يبذل مجهودًا مضاعفًا عند ترجمة هذا الكتاب، وذلك بالبحث في أمهات الكتب عن بيولوجيا الحياة وكيميائها. فأضاف تذييلات كثيرة زادت الكتاب وضوحًا.

وإننى أرى أن عدم تخصص المؤلف والمترجم - والمراجع أيضًا - فى العلوم البيولوجية، جعل الكتاب الذى بين يدى القارئ أكثر بساطة وإمتاعًا، خاصة بالنسبة لغير المتخصصين الذين يريدون التعرف على أحدث النظريات فى هذا المجال المهم والجديد.

د. عادل أبو المجد

أستاذ الفيزياء - جامعة سيناء

يناير ٢٠٠٩

تصدير المترجم

سؤال قديم ومتجدد شغل بال الإنسان منذ بدء الخليقة ومنذ هب واقفاً على قدميه «من أين جاء؟ وبالتالي كيف سارت به الحياة على هذا الكوكب؟» وتتوعدت الإجابات ما بين البسيطة والعميقة من آراء دينية وفلسفية وعلمية وعبر سائر الحضارات: مصر القديمة والصين وبابل وأشور واليونان وغيرها، كما حفلت علوم الكلام الإسلامية بمباحث عدة في هذا الخصوص، كما حثنا القرآن العظيم على «النظر»، «كيف بدأ الخلق؟» ليزداد إدراكنا بعظمة الله سبحانه وتعالى وأن «ليس كمثله شيء». ولست هنا في مجال بحث كيف توقف «النظر» في الشرق ونما بخطى حثيثة متسارعة في الغرب إلى أن وصل إلى ذراه الحالية والتي مكنته من الهيمنة على العالم بأسره على نحو أو آخر.

ولست أيضاً في مجال تمحيص القول بأن ثمة ميدانين، أحدهما يختص بالعقيدة، والآخر يقتصر على العلم وينفصلان عن بعضهما البعض تماماً فلا يحدّ أيهما الآخر بأى حد إن سلّياً أو إيجاباً (وهو رأى شائع لدى جمهرة غير قليلة من العلماء الموثوق بهم) أو الرأى المعاكس الذى يرى أنهما متصلان، يكمل كل منهما الآخر، حتى إن عدداً غير قليل من النيولوجيين يستخرجون ما ينم عن «العلم» بمعناه الحديث والمعاصر من بين ثنايا آيات القرآن، إن بحق أو عن طريق لى المعانى ودلالة الكلمات، وهو ما يشيع على نحو باطنى غامض لدى أكثر المتدينين وبين جمهرة المشايخين لأى دين آخر سماوى أو غير سماوى... ليس هذا إن موضوعنا الحالى إنما فقط أشير إلى مقولة ردها يوماً واحداً من بين القمم فى العلم والذى جابت شهرته الأفاق ألا وهو «أينشتاين» إذ ذكر ما معناه: أن الدين من دون علم سيكون مَعَوفاً وأن العلم من دون دين سيكون فاقداً للمعنى.

ولكى أمهد لهذا الكتاب أقول إن العلم فى مسيرته، والتى بلغت أقصى سرعاتها منذ مشارف النصف الثانى من القرن العشرين حتى إنه يقال إن ما حصلته البشرية من علم فى النصف الأخير من القرن الماضى وحتى الآن يبلغ أضعاف ما حصلته على مدى عمرها كله. كما صاحب هذا التقدم تقدم آخر، دعم الأول ودفع بسرعه وهو الذى جرى فى ما نعرفه من وسائل العلم وأجهزة القياس. وكان على السطح من مجالات البحث: «أصل الكون» (وقد تناوله المؤلف ذاته فى كتاب له، قمت بترجمته من قبل بعنوان عربى: «الاقتراب من الله» منذ سنوات قليلة ولكنه مازال قيد النشر) ثم «أصل الحياة» الذى هو موضوع الكتاب الحالى، ولن أمل القول بأنه مهما بدا مستغرباً لدى القارئ المصرى/ العربى من تناول هذه الموضوعات من خلال العلم على مدى السنوات، بما فيها من إنفاق أموال طائلة وساعات بغير حصر ينفقها العلماء فى جهد جهيد، بينما ثمة إجابة تتام فى حضان التفسير السهل لمقولات الدين، والتى يستريح إليها أغلب الناس فى بلادنا ألا وهى: أن الله سبحانه قد خلق الكون والناس على ما هما عليه، وفى ذلك الكفاية، فلماذا هذا الجهد فى أمر لا ينفع!!! وأعنى بذلك المبدأ الفلسفى «السبب الكافى».

أقول مهما بدا ذلك غريباً فلن أمل القول بشأن أمرين: فمن ناحية أن الله يأمرنا بالبحث فى أصل الخلق: ﴿قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ بَدَأَ الْخَلْقَ ثُمَّ اللَّهُ يُنشِئُ النَّشْأَةَ الْآخِرَةَ إِنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ﴾ الآية «٢٠» «سورة العنكبوت»، وغيرها من الآيات التى تدور حول نفس المعنى، وعلى الناحية الأخرى فإنك بنظرة متأملة قليلاً حولك ستجد أن أغلب التقنيات - العديدة والتى يصعب حصرها - التى تتعم بها البشرية قاطبة، قد تولدت من رحم هذا «الأصل» كوناً كان أو بشراً. وإذا حاولت أن أعده، ليس كل وإنما بعض، أهم هذه التقنيات فستضيق عنها صفحات هذه المقدمة، ولكن أكتفى بذكر أحدثها وأقصد به «الخلايا الجذعية» وكيف فتحت الباب واسعاً أمام العلماء للتوصل إلى الحد من أمراض ظلت لسنوات، بل قل قروناً طويلة، مستعصية على العلاج.

ماذا إذن عن صاحب الكتاب وموضوعه؟ هو عالم بريطاني جهيد في الفيزياء، أنجز درجته العلمية (دكتوراه الفلسفة في الفيزياء) وحاز على شهرة عالمية عبر ما نقلده من مناصب أكاديمية في الجامعات الكبرى وأكثر من ٤٠٠ ورقة بحثية منشورة في المجلات العلمية المحكمة، وأكثر من ٢٥ كتاباً في العلوم (ترجمت لأكثر من عشرين لغة، من بينها العربية - ثلاثة كتب فقط في حدود علمي)، هذا فضلاً عن نقلده عدة جوائز علمية مهمة وظهوره المدوّى في مؤتمرات علمية وبرامج تليفزيونية، بعضها أعدّه بنفسه وحظي بقبول جماهيري عريض. وفي عام ١٩٩٠ هاجر من بريطانيا إلى أستراليا، مركزاً جهده في علوم «الكونيات» وحيث يشغل حالياً مستشاراً علمياً للمعهد الأسترالي لـ: البيوفلك: وهو فرع مستحدث في العلوم يعنى بالحياة في الفضاء الخارجي، وكان آخر كتبه بعنوان «كيف تبنى آلة زمن» (قمت بترجمته أيضاً، وقيد النشر) وثمة استعراض عاجل لسيرته الذاتية بتفصيل معقول بذيل الكتاب.

ألى المؤلف على نفسه - والذي يمثل أيضاً جزءاً من شهرته العلمية - أن ينزع في كثير من كتبه بل أغلبها إلى تبسيط العلوم والحرص على نقل أعقد ما فيها إلى أسلوب يسهل فهمه للقارئ العام، بحيث تنمو معرفته عن الكون حوله، ومن ثم يُستكمل إدراكه للعلاقة بينه وبين هذا الكون - ويتجسد ذلك كله في هذا الكتاب الذي صال وجال فيه في موضوع «أصل الحياة» وكيف تم تناوله شرقاً وغرباً وشمالاً وجنوباً سواء دينياً أو علمياً، وبموضوعية وحيدة بالغتين، وانتهاءً إلى ما تم الكشف عنه مؤخراً من كائنات ميكروسكوبية تعيش وتزدهر وتتوالد في ظروف لم تكن تخطر على البال من قبل كدرجات حرارة تبلغ ١٨٠ درجة عند فوهات براكين أعماق المحيطات أو في درجات برودة قصوى أسفل جلاميد الثلج في قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبي المتجمد من الكرة الأرضية، أو أقرانها ممن يتغذى على القار وحده أو الأسمنت أو الكبريت وهلم جرا، مما استدعى السؤال مجدداً من أين بدأت المسألة وكيف وهل ثمة حياة ذكية في أكوان أخرى باعتبار أن

كوكب الأرض هو واحد من الكواكب المحدودة في النظام الشمسي الذي هو واحد من بلايين عدة من الأنظمة الشمسية في مجرتنا وحدها (درب التبانة أو ما يسمى أحياناً: الطريق اللبنى)، والتي هي بدورها واحدة من بلايين المجرات التي يزخر بها الكون؟ ولعل القارئ المتابع يدرك أن وكالة «ناسا» الشهيرة تقوم حالياً بإجراء بعض الاستقصاءات العملية لهذا الشأن بواسطة العربات الروبوتية التي تبتعثها إلى كوكب المريخ والتي تقوم باستكشاف أعماق سطح «المريخ»، ثم تحلله وتبعث بالنتائج والصور إلى الأرض. ثم لعل أشير أيضاً إلى ما يقوم به حالياً معهد CERN بسويسرا من إعادة إلمجازه للظروف التي تم فيها «الانفجار الكبير» لمحاولة تفسير كيف تشكل الكون ومن أين جاءت المادة التي تملأه. وإلى آخره. «هل لى هنا أن أستشهد مرة أخرى بمقولة معروفة لأينشتاين: أريد أن أرى الطريقة التي صنع الله بها الكون».

وأختتم بحمد الله والثناء عليه أن مكننى من نقل هذه المعرفة وهذا النوع من التفكير للقارئ العربى - وهو وحده ولى التوفيق.

المترجم: منير شريف

نهايات صيف ٢٠٠٧

مقدمة المؤلف

ثمة واقعة محورية في تاريخ العلم، برزت مع نشر الأطروحة المبهرة لتشارلز دارون Charles Darwin تحت عنوان: «أصل الأنواع» "On the Origin of Species"^(١). في العام ١٨٥٩. أعطى هذا العمل اقتناعاً لدينا عن كيف برزت الميكروبات عبر التدفق الهائل للزمن على هذا النحو المتنوع الذي نراه على الأرض في يومنا هذا. إلا أن دارون أغفل الإشارة إلى: كيف بدأت الحياة في المقام الأول. «المرء أيضاً له أن يتأمل ويفكر حول أصل المادة» هكذا علق هو. اليوم فإن الفيزيائيين قدموا على نحو ما شرحاً أو تفسيراً لأصل المادة، ولكن أصل الحياة^(٢) بقي واحداً من التحديات الكبرى للعلم. وقد ألمح مرة فرانسيس كريك Francis Crick المكتشف المشارك لبناء الـ DNA إلى: «يبدو أنها تكاد تكون معجزة، لوفرة المشاركات التي من الممكن أن تجعل الحياة مستمرة في السريان».

في داخل «قشرة جوز»، تلك هي المشكلة. كيف لخليط من الذرات غير ذات أهداف والعمياء، أن تحتشد أو تجمع ذواتها في شكل تعقيد من شأنه أن يوقع الروح في النفس حتى في أبسط تشكّل كالميكروب مثلاً؟ هل هي مجرد حادثة حدثت مرة واحدة في الكون كنتيجة لتركيبي كيميائي غريب؟ أو أن قوانين الطبيعة كانت متعاطفة بيولوجياً، بحيث إن الحياة سوف تظهر في أي موقع من الكون يبرز فيه كوكب شبيه بكوكب الأرض؟

التصديق بأن الحياة محفورة أو متجذرة في قوانين الطبيعة، يحمل صدى من العصر الديني البعيد، عن كون مُصنَّع بحيث تسكنه الكائنات الحية. وعديد من العلماء لا يعطون بالاً لمتل هذه الأفكار ويصرون على أن بدء الحياة كان مجرد واقعة صدفوية كيميائية غير استثنائية، وتخص الأرض وحدها، وأن ظهور نتائجها

فى هذا التعقيد العضوى، ومن بينها الكائنات الواعية يشبه مصادفة بحتة ناتجة عن جزىء هائل فى عملية «يا نصيب». ويصر آخرون من ناحية أخرى، على أنه لا شىء يميز الأرض وحدها وإن الحياة منتج ثانوى لا يمكن تجنبه من عمل الفيزياء والكيمياء. وليس هناك أحسن من يتصدر وجهة النظر هذه، سوى البيولوجى كريستيان دى دوف Christian de Duve والذى يعتقد أنه «أمر كونى» عليه أن يظهر جليًا عندما تسمح له الظروف أو المشاركات بذلك^(٢). ولو أن رأيه ذاك كان صحيحًا فإن الكون وكأنه يدخل فى مباراة مع الحياة.

وثمة كثير على المحك فى هذا الجدل أو التحدى لأنه يتعلق بموقع الإنسانية من الكون، وهل نحن وحدنا فيه أو لسنا كذلك؟ وفى أى شىء نتناسب مع الطريقة العظمى للأشياء؟ ولو أن الحياة قد ظهرت هكذا «جاهزة» فإن هناك فرصة جيدة لأن نصنعها بمجهود قليل فى المعامل. وستكون لها أيضًا تطبيقات تقنيّة، وثمة كثير من الكيمياءبيولوجيين يعملون الآن على ذلك. والصور الجديدة من الحياة ستكون بمثابة ثورة فى مجال الهندسة البيولوجية، والبيولوجيا الجزيئية، ويمكنها أيضًا «أرضنة» كواكب أخرى، أى جعلها أكثر شبهًا بالأرض، وربما تصبح فى آخر الأمر صالحة لسكنى الإنسان. هذا وإنشاء الحياة داخل «أنبوبة تجارب» سوف يذهب بعيدًا لتعرية الغطاء عن السر فى كيف بدأت الحياة بشكل طبيعى.

وتشكل دراسة أصل الحياة وتوزيعها عبر الكون جزءًا من الموضوع المعروف بـ «البيولوجيا الفلكية» "astrobiology"، والعلماء - وعلى نحو متزايد - يسرى بينهم التمييز بأن قصة الحياة ليست فقط فى حدود الأرض، وإنما تمتد إلى ما بين الكواكب وحتى الفضاء بين النجوم. والبحث الجاد المرهق لهذا الفرع من العلوم يتركز فى التعرف على نشوء كوكب آخر، تكون الحياة قد بدأت فيه بشكل مستقل. وثمة موافقة عامة ترشح كوكب المريخ كى يمثل هذا الأمل، ولو أنه عبر نظامنا الشمسى فإن الكوكب «أوروبا» "Europa"، وهو أحد أقمار المشترى، يُعد بدوره منافسًا مُرشحًا إلى جوار المريخ. إلا أن المريخ هو الذى يحظى حاليًا

بالتركيز عليه، وإليه توجه مهمات الفضاء الحالية أو الجارى التخطيط لها. على الرغم من أنه اليوم ليس إلا صحراء متجمدة، لكنه كان فى الماضى دافئاً ورطباً، وليس بعيد الشبه عن الأرض. ومنذ أربعة بلايين من السنين مضت، ربما كان المريخ أكثر تناسباً لسكنى الحياة أكثر من كوكبنا الحالى.

وليس واضحاً بصورة قاطعة أن الحياة الأرضية قد بدأت فعلاً فوق الأرض. ففى بواكير تسعينيات القرن الماضى اقترحت أنا، وبشكل مستقل جاي ميلوش Jey Melosh من جامعة أريزونا، أن الميكروبات الحية ربما جاءت إلينا عبر الصخور التى وصلتنا والتى نتجت عن انفجارات الكواكب وبتأثير الكويكبات (أشباه النجوم) والمذنبات. وبعض هذه الصخور قد تجد طريقها إلى الكواكب المجاورة وتزرع الحياة فيها. وبصفة خاصة، فإن الصخور التى قذف بها المريخ ربما أتت لنا بميكروبات مريخية إلى الأرض، مخصصة لها بأول أشكال الحياة. وإذا كان الأمر كذلك، فإننا نكون جميعاً لسنا إلا أخلاف لسكان المريخ. والعكس أيضاً صحيح، أى قد تكون الصخور التى قذفت بها الأرض قد وجدت طريقها للمريخ، واستعمرته من خلال الباكثيريا الأرضية. وفى أى الاتجاهين فإنه يبدو أن الأرض والمريخ ليسا منفصلين بيولوجياً. وسواء كان أى من الطرفين، ومهما كان الأمر مدهشاً للغاية، فإنه يثير تعقيدات لأى محاولات تأسيس نشوء ثان للحياة فوق المريخ، إذ يبدو أن أحد الكوكبين قد لوث الآخر.

ومنذ طرحنا - ميلوش وأنا - هذه الفكرة فى البدء فقد لاقى قبولاً متزايداً. هذا وقد تدعم السيناريو الرئيسى من خلال دراسة مفهومة أجراها كيرت ميلوكوسكى^(٤) Curt Meleikowsky ونشرتها مجلة إيكاروس Icarus^(٥). وقد أخذ زملاؤه المشاركون فى الدراسة فى اعتبارهم كل المخاطر التى واجهت الميكروبات القادمة من المريخ إلى الأرض أو العكس، مع تركيز خاص على

(*) والكلمة إيكاروس تشير فى الميثولوجيا اليونانية إلى اسم لابن ديدالوس، والذى فرّ من السجن، محلقاً بجناحين شمعيين إلى حتى اقتربه من الشمس، حيث ذاب الجناحان وسقط هو فى البحر (المترجم).

الآثار التدميرية، التي يتسبب فيها النشاط الإشعاعي. وانتهوا إلى أن «سواء إن وجدت الميكروبات على المريخ مثلاً أو أنها موجودة الآن، فإن طريقاً لها إلى الأرض ليس مجرد إمكانية ولكنه احتمال كبير، انتقالها من الأرض إلى المريخ أيضاً ممكن ولكن بدرجة أقل».

واقعة جاءت بفكرة ترحال الميكروبات بين الكواكب وجعلتها بارزة على سطح هذا المجال، تتلخص في التصريح غير العادي الذي أدلى به الرئيس الأمريكي بيل كلينتون Bill Clinton في أغسطس ١٩٩٦ من أن وكالة ناسا NASA قد اكتشفت دليلاً على وجود الحياة على المريخ. والاكتشاف كان عبارة عن العثور على حجر نيزكي في قارة أنتاركتيكا Antarctica^(*) عام ١٩٨٤، والذي عرف فيما بعد أن مصدره هو المريخ. وللتأريخ فإن ثمة أكثر من عشرين عنصراً قد تم العثور عليها قدمت من المريخ تحت تأثير كوني على النجم الأحمر ودفعها من هناك إلينا. ولكن الحجر محل اهتمامنا هنا هو في حجم ثمرة بطاطس كبيرة، حافلة بملامح رفيعة من الباككتيريا المتحجرة. هل يمكن أن تكون بقايا لميكروبات مريخية؟

أثير الجدل طويلاً لعدة سنوات دون نتيجة واضحة. فالذين قللوا من شأن هذه البقايا قالوا بأنها فقاعات في الصخرة من التكوينات المعدنية غير الضارة. والدليل الدافع جاء من أصل بيوجيني جاء بدوره من حبيبات مغناطيسية داخل بعض هذه التكوينات. والحبيبات تلك لها تشكّل نقي من الباككتيريا الأرضية التي تستخدم المغناطيسية في تحليقها أو تنقلها^(٥).

وبالرغم من أن دارون رفض أن يتقاد أو يقيد نفسه بمسألة ميكانيزم أصل الحياة، فقد أوضح في خطاب لأحد أصدقائه^(٦) أن بركة صغيرة دافئة في مكان ما على السطح القديم للأرض، ربما احتضنت خليطاً كيميائياً. وبعندز بتأثير طاقة

(*) قارة غير مأهولة تقع في القطب الجنوبي (المترجم).

ضوء الشمس تشكلت منه جزئيات أكثر تعقيداً إلا أن التخمر بطريقة ما أثمر الحياة أو كان بمثابة «حضانة» لها. وفي النهاية تحولت فكرة دارون هذه إلى النظرية المعروفة جيداً المسماة «نظرية الشورية البدائية».

وفي السنوات الأخيرة ظهرت معوقات جدية لوجهة النظر التقليدية في هذه النظرية. فنحن نعلم الآن أنه أثناء أول ٧٠٠ مليون سنة من تاريخ الأرض تساقطت عليها، وبشكل قاسٍ، نيازك هائلة ومذنبات. وأكبرها ربما تسبب في عقم أو جذب سطح كوكب الأرض بأن أحاط الكوكب برمته بغمامة من بخار الصخور المتوهجة. والبركة الصغيرة الدافئة، أو حتى البحر، لم يكن ليشكل أيهما موقعاً واعداً للحياة وسط الاضطراب الكوني آنذاك. ولكن الآن ظهرت خيوط جديدة من الأدلة. فقد بدأ العلماء خلال التسعينيات في اكتشاف الكثير والكثير من الميكروبات التي يمكنها العيش في ظل ظروف غاية في التطرف، وهي جميعاً أصبحت تسمى الأوفيليات القصوى *extremophiles*^(*). ومن أشهرها تلك المحبة للحرارة الشديدة والمسماة الأوفيليات فاتقة الهيام بالنشاط الحراري *hyperthermophiles*^(*). وأكثر هذه شهرة تلك التي تنمو في الماء المغلي المتدفق من فتحات البراكين على أرضية المحيطات والتي تزيد درجة الحرارة في بعضها على نقطة الغليان العادية للماء. ومشروعات الحفر المتعددة على الأرض تحت سطح البحر، بدورها تكشف أن الجزء القابل للسكنى في الأرض يمتد لعمق عدة كيلومترات في القشرة الساخنة للأرض. ويبدو أن الصخور تحت أقدامنا حافلة بالحياة الميكروبية.

هذا المجال الموجود تحت سطح الأرض يفتح الباب لإمكانية جديدة للحياة الباكورة. باعتبار أن ما تحت الأرض في هذا العمق، والذي يمثل ملاذاً لمحبي الحرارة العضويين، سيكون بمثابة حماية لهم من القذف الكوني أو التراشق الكوني. وربما تكون التشكلات الأولى للحياة الأرضية قد عاشت في ذلك العمق

(*) أقرب شرح لكلمة أوفيلو والتي تعني باليونانية "حب" هو أن هذه الميكروبات من محبات الحرارة أو النشاط الحراري الأقصى (المتروجم).

المتقد من قشرة الأرض، ثم هاجرت بعد ذلك للسطوح الباردة فقط عندما تحسنت الظروف. وهذه النظرية يدعمها الدليل الجيني القائل بأن أقدم وأعرق فروع شجرة الحياة تشغله تلك الأوفيليات المُغرمة بالنشاط الحرارى الفائق **hyperthermophiles**. ومثل هذه الميكروبات لم تنزل حية في أحفورياتها، ولم تنزل متمسكة بأسلوب حياتها القديم بعد بلايين السنين التى مرت عليها.

هذه الاكتشافات نقلت البحث عن الحياة القديمة فوق المريخ أو القمر «أوروبا» بأمل ولو ضعيفاً للعثور على شئ حى فوقهما أو على أحدهما. هذا وقائمة المعلومات الواردة من مجسات أو مسابر الفضاء تظهر أن ثمة ماء وافرًا فوق المريخ محبوسًا فى التربة التى تشكل الجلاميد، وربما بعيدًا تحت السطح، فإن الحرارة الداخلية للكوكب قد تذيب هذه الجلاميد لتشكل جوفًا يحتضن الأوفيليات العضوية القصوى **extremophile** المشابهة لتلك التى تشكلت تحت سطح الأرض.

ولأنه كوكب صغير فقد كان المريخ أسرع فى برودته عن الأرض. وعليه فإن المنطقة المناسبة لمُحبّات الحرارة الباكرات هذه، والتى احتمت من التراشق الكونى ستكون أعرق بالنسبة للمريخ، داعمين فكرة أن الحياة ربما ازدهرت على المريخ قبل ظهورها على الأرض بمئات بلايين السنين، وأنها ربما انتقلت إلى الأرض داخل المقذوفات الصخرية.

وامتدادًا للنظر فى هذا الحقل فلقد شهدت السنوات الأخيرة اكتشاف حوالى مائة كوكب فيما وراء نظامنا الشمسى، وهذا يمثل مشهدًا ضامعًا نحو العثور على الحياة فوق أيها. وهذه الكواكب فيما وراء النظام الشمسى قد تم سبرها على نحو غير مباشر عبر الذبذبات أو الترنحات التى تنتشها فى آباتها النجوم. وهذه التقنيات كانت لصالح سبر الكواكب الضخمة التى تدور فى مدارات صغيرة، وبالتالي لن تكشف عن وجود كواكب شبيهة بالأرض. إلا أن الخطط الطموح تسير على خطى قاعدة فضائية منظارية تهدف لما يعرف بـ «الكوكب الأرضى» " **Terrestrial Planet** " وبالعثور على مثل ذلك لن يتيح فقط الكشف عن كوكب صخرى صغير،

ولكن سيتيح أيضًا سبر التوقع المفتاح للحياة، مثل طبقة الأوزون الموجود حاليًا في الجو الأرضي.

والحديث عن الحياة فوق كواكب أخرى يفتح الطريق لمشهد آخر عن الكائنات الذكية ووجود حضارات أخرى في الفضاء المترامى، وداخل نظامنا الشمسي، فإن هدف العثور على أى نوع من الحياة أكثر تعقيدًا من الباكثيريا البسيطة هو غرض ناء وشديد البعد إلى أقصى حد. ولكن لو ثمة كرات أرضية أخرى بعيدًا في المجرة، فربما أن الحياة برزت هناك لتشكل نباتًا، وحيوانات أو حتى كائنات ذكية. ونحن ببساطة لا نعرف، ولكن من المعقول أن نلقى نظرة على الأمر. منذ أكثر من أربعين سنة قامت مجموعة صغيرة من الفلكيين بمسح السماوات عبر تليسكوبات راديوية، بأمل أن يتوصلوا أو يعثروا على إشارة ما أو رسالة قادمة من حضارة فضائية، وحتى الآن لم ينجحوا في ذلك، إذ ربما أنه لا توجد مثل هذه الحضارة، أو لو أنها موجودة فلم تبعث بأى رسالة في اتجاهنا.

ولكن شيئًا واحدًا هو الواضح، لو أن الكون متعاطف بيولوجيًا لدرجة أنه يمكن للحياة أن تنشأ بشكل جاهز بمجرد توافر شروطها، ومن ثم فإنه يوجد كثير من الوقت الذى مر لإحداث تطویر لإنتاج الذكاء فى عوالم أخرى. حيث إن الشمس والكواكب قد تشكلت منذ أكثر قليلاً من ٤,٥ بليون سنة مضت، بينما الكون عمره يصل إلى ١٣ بليون سنة. ويصبح مفهومًا أن الذكاء انبثق فى مكان ما فى المجرة قبل وجود الأرض ذاتها.

وأصل الكون وتطوره ككل من العوامل المهمة فى قصة الحياة. والدليل الفلكى يكشف أن الكون قد ولد من انفجار كبير "big bang" مصحوبًا بهبة من الحرارة الشديدة. ومنذ الثانية الأولى لهذا الانفجار ظهرت القوى الأساسية والعناصر التأسيسية للمادة. وبنهاية تلك الثانية كانت المواد الضرورية للكون قد تشكلت بالفعل. وكان الفضاء فى كل مكان مملوءًا بـ «شوربة» تختلط فيها عناصر تحت ذرية كالبروتونات والنيوترونات والإلكترونات تحيط بها إشعاعات فى درجة حرارة تبلغ حوالى عشرة بلايين درجة.

وبالمستويات الحالية فإن الكون فى تلك الفترة كان من دون ملامح على نحو مدهش، والمواد الكونية كانت مبعثرة فى الفضاء تقريباً من دون هيئة أو شكل معين. والحرارة فى كل مكان هى نفسها تقريباً. والمادة مكشوفة أو عارية عن شكلها إلى حتى شكل مكوناتها الأساسية فى ظل تلك الحرارة المرعبة. أى أنها كانت فى حالة بساطة أنيقة. وأى ملاحظ نفترضه آنذاك، لن تكون لديه معرفة ولو طفيفة بأن هذه الحالة غير واحدة تنبئ بأن الكون يحمل فى طياته تلك الطموحات غير العادية. وليس ثمة تفسير سوف لا يتفق مع هذا، منذ عدة بليونات من السنين، فإن تريليونات من النجوم المستعرة لا بد أنها نظمت نفسها إلى البلايين من المجرات ذات الحركة المغزلية، ودرجة أن النباتات وبللورات الكريستال والسحب والمحيطات وأنهار الجليد قد ظهرت جميعها. وأن الأشجار والأقوال والأسماك سوف تقطن واحداً من تلك الكواكب، وأن هذا العالم سوف ينذر بوجود «ضحكة» إنسانية. ولا شىء من كل هذا كان يمكن التكهن به.

وبما أن الكون يمتد من حالته المبدئية، فهو إذن يبرد، ومع انخفاض الحرارة تأتى إمكانيات أكثر، فالمادة كانت قابلة للتجمع بشكل كلى أو إجمالى فى بناء لا شكل له، والتي شكلت بذوراً للمجرات الحالية. وبدأت الذرات فى التشكل، ممهدة الطريق للكيمياء كى تشكل الأشياء الفيزيائية الصلبة.

وعديد من الظواهر العظيمة انبعثت فى الكون منذ ذلك الوقت: تقوب سوداء هائلة ترن ما مقداره يكافئ وزن بليون شمس، تلتهم النجوم، بينما تنفث دفناً من القوى الغازية، ونجوم نيترونية تدور حول نفسها ألف مرة فى الثانية، وموادها تتسحق إلى بليون طن فى السنتيمتر المكعب، والعناصر تحت الذرية تراوغ لدرجة اختراقها سنوات ضوئية فى ممر متماسك وموجات الجاذبية «الشبحية» التى لا تترك ممراتها أى أثر أو طبعة على الإطلاق قابلة لأن تدرك أو ترى. ومع ذلك، ولو أنه يثير الدهشة، فإن ظاهرة الحياة ملحوظة بما يعدل كل تلك الظواهر مجتمعة. فإنها لم تأت بأى تغيير مفاجئ أو دراماتيكى فى مشهد الكون، باعتبارها متناغماً

ومتضاماً ومتكاملاً. ومهما كان أمر الحياة، فإن التغيرات التي وقعت ومهما كانت على نحو خام أو مصنوع، فقد كانت تدريجية. أما - بصرف النظر عن كل شيء - بمجرد بزوغ الحياة فإن الكون لم يعد كما كان قبلها. ويبطء ولكن تأكيداً فقد انتقلت الحياة إلى كوكب الأرض. ويتقدمها طريقاً للوعي، والذكاء، والتقنية، فقد أصبحت طامحة وواعدة بتغيير الكون.

وهذا الكتاب يسلط الضوء على أصل الحياة. ومشكلة نشوء الحياة (من حياة سابقة) تنقسم إلى مشكلات «أين؟» و«متى؟» و«كيف؟». وسوف نرى أن العلماء لديهم فكرة كافية عن متى أسست الحياة نفسها لأول مرة على الأرض. وبالنسبة لأين؟ وعلى أى جزء من الأرض كان ذلك، فإن الدليل يشير على نحو متزايد إلى موقع حار تحت السطح، ربما قريب من فتحة أو منفذ بركان فى المحيط أو فى عمق الصخور تحت البحر. ولكن مادامت الحياة إنتقلت من اللا حياة على الأرض أو على المريخ أو عليهما معاً، فإن السؤال يبقى مفتوحاً.

هذا والجزء فى المتاهة الخاص بـ «كيف» هو أصعب الأسئلة الثلاثة فى مجال حله، وبشكل جوهري هو الأكثر إغراءً وإدهاشاً. وعندما قدم دارون المشهد المتعلق بالبحيرة الصغيرة الدافئة، كان معتقداً أو مفترضاً بأن الحياة هى نوع من «المادة السحرية» أو شكل خاص، بل غامض من عنصر عضوى. ويبدو من الطبيعى التفكير فى وجود وصفة كيميائية تتبع منها الحياة، عندما يتم اتباعها فى المعمل. أشبه بعملية إنضاج «كعكة» فإن السؤال سيكون منحصراً فى كيفية خلط العناصر المكونة لها بالطريقة الصحيحة حتى تثمرها حية أماناً - واليوم تبدو هذه الوجهة من النظر بشأن الحياة خالية من الرشد. لأن تطور الجزيئات العضوية كشف عن أن آلية الحياة معقدة بشكل مذهل. إنها ليست مجرد المواد التى صُنعت منها الحياة، هى العنصر الفعال فى الأمر. وإنما التعقيد الذى يصعب حله والتخصص العضوى المعقد للجزيئات الحية. والدرس المركزى المستفاد من الجزيئات العضوية هو أن الحياة تقوم بسحرها من خلال إجراءات إعادة نسخ

المعلومات. وأنها تقوم بذلك من خلال توظيفها لسوفت وير رقمى يستعمل الأرقام ٣، ٤، و ٢٠، وكتأثير نجم عن ذلك فإن الخلية الحية ليست مادة محرية كشأن الكمبيوتر الفائق القدرة Super computer.

والطبيعة المعلوماتية للحياة تفيد التعقيد فى مشكلة نشوء الحياة. والعبء يتحصل فى شرح، ليس كيف تجمعت المواد المناسبة مع بعضها (الهاردوير)، وإنما كيف بزغت المنظومة المعلوماتية (التحكم فى السوفت وير). وبينما ليس مشكوكاً فى صحة أن الكيمياء سوف تستمر فى مدّ مشكلة نشوء الحياة بالمعلومات عبر طرق مهمة، فأنا أعتقد أن تقدماً حاسماً فى مجال فك سر الحياة، سوف يأتينا من دراسة نظرية المعلوماتية والتعقيد. مثل هذه الموضوعات لم تزل بعد فى مرحلة طفولتها، ولكن من الواضح فعلياً أن ثمة مبادئ كونية موجودة ظاهرياً بالفعل، والتي تنطبق على تعقيد حالة المادة الحية والمادة غير الحية.

وشعورى الشخصى أن فهماً كاملاً لطبيعة وسر الحياة سوف يتطلب أيضاً أن نأخذ فى حسابنا قوانين فيزياء الكم. هذا وقواعد «اللعبة» الكمية تبدو لنا كما لو كانت قدراً عاثراً، فعلى سبيل المثال فإن النظم الكمية تقوم على المبدأ المنسوب لهايزنبرج والخاص بـ «اللا يقين» والذى يورثنا الحيرة والارتباك. واللا حتمية فى الطبيعة، لدرجة أنه من غير الممكن التنبؤ بما سيفعله نظام كمى بين لحظة واللحظة التالية. كما أن ثمة ملمحاً غريباً آخر، يتمثل فى أن عنصراً مثل الإليكترون يمكنه أن يتواجد فى أكثر من حالة فى نفس الوقت، على سبيل المثال، فإنه ربما يتواجد فى مكانين أو أكثر فى المرة الواحدة، أو أن حركته المغزلية سوف تتجه إلى أعلى وإلى أسفل معاً فى آن واحد. ومن الناحية التقنية يسمى هذا أو يعرف بالـ: superposition. والأكثر من ذلك فإن اثنين، أو أكثر من العناصر الكمية يمكن أن تظل مرتبطة حتى لو كانت متباعدة عن بعضها بتأثير ما سماه أينشتاين «التفاعل الشبحى عبر المسافات».

تغيّر هذه الملامح الشاذة والغريبة من طبيعة التوظيف المعلوماتي على المستوى الذري بشكل جوهري، هو الحقيقة التي انجذب لها الكثير من انتباه الفيزيائيين والمهندسين مؤخرًا. وإذا كان ممكنًا إعداد أو تجهيز تأثيرات كمية بشكل كافٍ، فإن العناصر الذرية وتحت الذرية يمكن استخدامها لتسريع أى عملية حوسبة كمبيوترية بأكثر من أى ما يمكن أن يفعله كمبيوتر فائق موجود. والجنس البشرى يقترب للغاية من بناء كمبيوتر كمى وظيفى، سوف تكون له قوة خاطفة للأنفاس^(٧). فعلى سبيل المثال يستطيع كمبيوتر كمى تام مصنوع من عشرات قليلة من الذرات أن يجسّد الكون على نحو أفضل كثيرًا مما يستطيعه أحسن كمبيوتر معاصر. وليس نوعًا من المبالغة القول بأنه إذا تم بناء كمبيوتر كمى فسوف يعنى هذا تقدمًا تقنيًا بحجم اكتشاف أصل الكمبيوتر الإلكتروني الموجود حاليًا.

وهل تكون الطبيعة قد استغلت بالفعل قدرة ميكانيكا الكم لتحليل المعلومات؟ أم أنها المرة الأولى فى التاريخ (مع إمكانية استثناء «العجلة») التى طورت فيها البشرية تقنية غير معروفة فى أى مكان آخر فى العالم الطبيعى؟ وإذا كانت إجراءات المعلوماتية للكمية حادثة فى الطبيعة، فأى مكان سيكون أفضل لها من الخلية الحية التى تمثل الكمبيوتر الفائق للطبيعة؟

وبالطبع، وعند مستوى معين فلا بد أن تلعب ميكانيكا الكم دورًا فى الحياة، ولو فقط بإمدادنا بالروابط الكيميائية الجزيئية الضرورية لوظائف الحياة. ولكن يمكن لهذا الدور أن يكون أكثر أهمية من ذلك؟ هل تذهب آلية الجزيئات الحية إلى ما وراء المبدأ البسيط المسمى مبدأ الليجو **Legoprincipal** «بأشكاله المتعددة، مرتبطة ببعضها فى قضيب واحد، وتقوم فعلاً بتجهيز القدر العاشر الكمى الذى أشرت إليه قبلًا باختصار، وأن هذا القدر العاشر سوف يمكن «كمبيوتر» كمياً من تجسيد هذا العمل البطولى المدهش الخاص بالمعلوماتية.

أنا من أول الموافقين على أن تلك فكرة مشهدة هائلة. وتدل الحسابات البسيطة على أن التأثيرات الرقيقة أو الضخيفة للكم التى كتبت عنها هى رقيقة

بدرجة لا تكاد تصدق، وأنها يمكن أن تتدمر بسرعة فى «مستشفى مجاذيب» الجزيئات فى الخلية. ولكن ربما توجد طرق تسمح للجزيئات العضوية المحتشدة بأن تحمى نفسها من هذا التحلل أو التفسخ بتلك الصورة العنيفة. بالتأكيد نحتاج لمزيد من البحوث لأجل الحصول على إجابة. وفى هذا الحين فثمة دليل ظرفى على أن الخلية قد تأخذ هيئة كمبيوتر كمى. وهذا الدليل أتى به أبورفا باتل **Apoorva Patel** بالمعهد الهندى للعلوم فى بنجالور **Bangalore**^(٨). أشار باتل إلى أن الأرقام ٣، ٤، ٢٠ التى تميز الشفرة الجينية، تظهر بشكل أوتوماتيكى فى مشكلة معروفة جيداً فى مجال الحوسبة الكمبيوترية الكمية، وهى عند استهداف البحث عن قاعدة معلومات لأشياء لا مصدر لها. وهذه مجرد واحدة ولو صغيرة نوعاً، تعنى أن الـ DNA ربما يستخدم المواقع الفائقة الكمية لكى يقوّى كفاءته الوظيفية.

من الناحية الوظيفية فأنا فيزيائى نظرى، والقارئ قد يعجب لماذا أكتب فى مجال البيولوجيا الفلكية. لقد كنت دوماً مغرماً بمشكلة أصل الحياة، والسؤال المتصل بها عما إذا كنا وُحِدْنَا فى الكون أو أننا لسنا وحدنا. ويمكننى تعقب هذا الإغواء أو التعلق بالموضوع منذ أن كنت طالباً يدرس الفيزياء بإحدى كليات جامعة لندن فى ستينيات القرن الماضى. ومثل كثير من أصدقائى قرأت رواية خيال علمى رائعة لـ «فريد هويل» **Fred Hoyle** بعنوان «السحابة السوداء» **"The Black Cloud"** عن وصول سحابة ضخمة من الغازات إلى فضاء النظام الشمسى^(٩). ومثل هذه السحب معروف جيداً للفلكيين لكن فكرة هويل الجاذبة للاهتمام هى افتراضه بأن هذه السحابة قد تكون حية. الآن هذا قد يكون مجرد أحجية. كيف تكون سحابة ضمن الأحياء؟ ولقد تحيرت فى نشأتها طويلاً. وبالتأكيد سحب الغاز لا بد لها أن تطيع قوانين الفيزياء؟ كيف يتسنى لها أن تتجز سلوكاً استقلالياً أو بشكل منفرد بعيداً عن نفوذ تلك القوانين؟ هل تمتلك أفكاراً؟ هل لديها اختبارات؟ ولكن حينئذ، وهذا حدث لى، كل الأعضاء الحية يفترض خضوعها

لقوانين الفيزياء، ولكن عبقرية هويل كانت فى استخدامه نموذج السحابة ليبرز لنا هذا التناقض بطريقة تتسم بالقوة. بقيت مصدوماً وشبه مضطرب. وتعجبت متسائلاً: ما هى بالضبط الحياة؟ وكيف تسنى لها أن تبدأ؟ هل ثمة شىء مضحك يجرى داخل الأعضاء الحية؟ وعند هذا الوقت بالضبط أعطانى المشرف على رسالتى للدكتوراه (كثيريب عن محور الضوء) بحثاً للفيزيائى المحترم إيجين فيجنر **Eugene Wigner**، وزبدة الكلام فى هذا البحث أنه يبرهن على أن نظاماً فيزيائياً لا يمكنه أن يحقق الانتقال من اللا حياة إلى الحياة دون انتهاك للفيزياء الكمية^(١٠). وهكذا فإن فيجنر اعتقد بأن ثمة شيئاً «مضحكاً» قد وقع عند بدء الحياة.

وبعد وقت قليل عقب ذلك دفع المشرف لى ببحث آخر يتصل بالبيولوجيا وهذه المرة كان صاحب البحث هو الفيزيائى البيولوجى براندون كارتر **Brandon Carter** والذى صور لى مشكلة مهمة ومثيرة بشأن الحياة، وهى التى تقادت الحاجة للقلق عن كيف بدأت بالفعل. طرح كارتر السؤال: ما الخواص التى حازها الكون الفيزيائى بحيث وجدت الحياة من أى نوع أولاً وأخيراً؟ افترض أنك بطريقة سحرية استطعت أن تغير فى قوانين الطبيعة أو الشروط المبدئية للانفجار الكبير، فإلى أى مدى تستطيع أن تغير القوانين الأساسية لبناء الكون بحيث تظل تسمح بالحياة؟ وإذا أخذنا مثلاً بسيطاً، فإن الحياة كما نعرف جميعاً تتطلب عناصر كيميائية معينة خاصة الكربون. ولكن ذرات قليلة من الكربون صنعت فى الانفجار الكبير، فعاليبتها تم صنعها بداخل النجوم. وقد لاحظ فريد هويل بالفعل أن الإنتاج الناجح للكربون فى النجوم هو بالفعل عملية من قبيل لمس وامض " **touch and go**". وأنها تعتمد على نحو رقيق على خواص قوى الذرات. وعامل غير بارع أو غير ماهر وفى ظل القوانين الأساسية لفيزياء الذرات، والكون، ربما سيحصل على قليل من الكربون أولاً كربون بالمرّة وربما لا حياة. وأفكار كارتر أصبحت معروفة «بالمبدأ الأنثروبولوجى» **"the anthropic principle"** وتقتراح على نحو متهور وجزئى أن مسألة وجود الحياة هى مسألة يمكن قياسها كنتيجة لمصادفات سعيدة فى البناء الرياضى التحتى للكون.

ومع جراءة الفكرة المصريح بها في بحث كارتر، فلقد ظل سر الحياة على حاله: غير مشروح أو مفسر، وبعد قليل من الوقت، توظفت أنا كباحث مشارك في معهد الفلك النظرى بكامبريدج، والذي كان يديره فريد هويل والباحث المشارك براندون كارتر **Brandon Carter**، وهناك صادفت كتاباً صغيراً لخص المشكلة لدى، إذ يحمل عنواناً: ماهى الحياة؟ **What is life?** من وضع الفيزيائى إيروين شروندجر **Erwin Schrodinger**، ويشرح لماذا يبدو النظام العضوى غامضاً من وجهة نظر الفيزياء^(١١). وبعدها اكتشفت أن هذا الكتاب كان صاحب تأثير هائل أو مكثف منذ عشرين عاماً في الأيام الباكورة لموضوع البيولوجيا الجزيئية.

وللأسف فقد أثار كتاب شروندجر لدى المزيد من الأسئلة عوضاً عن إجابات قد أعثر عليها، وسلمت بأن مسألة التوالد البيولوجى فى تفكيرى تمثل هدفاً صعباً للغاية. ومع ذلك فقد أعطانى كارتر نسخة منقحة من بحثه عن المبدأ الأنتروبولوجى (والذى لم ينشرها أبداً)^(١٢)، ومع زميل باحث بالمعهد نفسه يدعى بل ساسلو **Bill Saslaw**، أصبحنا كمن يخوض فى الماء دون طائل مع أفكار كارتر. حتى إننا حاولنا الالتقاء مع فراتيس كريك **Francis Crick**، الذى كان يعمل وقتئذ فى معمل المجمع الطبى بكامبريدج. ووجدنا أن كريك كان مشغولاً، وبذوره بدا كارتر وأن كل ما يعنيه هو الحصول على مؤيدى بدرجة جيدة لمبدأ الأنتروبولوجى، حتى إن انشغالى أو اهتمامى بالمسألة البيولوجية بدأ فى الخفوت.

ومرت عدة سنوات بعدها حتى بواكير الثمانينيات، حيث أقام مارتن ريس **Martin Rees** (الذى حاز بعد ذلك لقب «سير» **Sir** وأصبح الفلكى «الملكى») مؤتمراً عاماً تحت عنوان: «من المادة إلى الحياة» **«From Matter to Life»**. استطاع ريس مع زميل له فلكى يدعى برنارد كار **Bernard Carr** أن يعيدا الحياة لموضوع المبدأ الأنتروبولوجى فى بحث^(١٣) شهير لهما، نشرته مجلة «الطبيعة» **Nature** عام ١٩٧٩. وقد تسنى لمؤتمر أقيم فى ذلك الوقت أن يحضره فيزيائيون وفلكيون من أمثال براندون كارتر وفريمان دايسون **Freeman Dyson**

وتومى جولد Tommy Gold، وبيولوجيون مثل لويس ولبرت Lewis Wolpert وسيدنى برينر Sidney Brenner، ورياضيون كجون كونواى John Conway وخبراء ف المسألة الجينية مثل مانفرد إيجن Manfred Eigen وجراهام كارينز سميث Graham Cairns-Smith. وكانت قائمة موضوعات المؤتمر، وكأنها تسلط الضوء، مركزًا على «سر الحياة». وعبر العقد التالى تقريبًا، وجدت نفسى تحت سيطرة أفكار هويل مرة أخرى وأيضًا دايسون وجولد، وبمعونة شاندرأ ويكراما سينغى Shandra Wickrama singhe، بشأن الفكرة الجسورة بأن الحياة ربما لا أصل لها على الأرض إطلاقًا، وإنما جاءت إليها من خلال المذنبات. ومن ناحيته راح دايسون يتأمل فى أصل الحياة، مطلقًا عنان خياله للبحث فى مستقبل والقدر المطلق الذى ينتظر الحضارة التقنية. أما جولد فقد كانت لديه نظرية تقول بأن كميات كبيرة من الهيدروكربون hydro-carbon (مركب عضوى لا يحتوى إلا على الهيدروجين والكربون فقط مثل البنزين والأسيتيلين: المترجم) تبقى محصورة تحت الأرض، وعندما تُجرى بحثًا لاختبار ما جاء به من حدوس، فثمة أشكال أخرى للحياة يجرى اكتشافها. وكل هذه التطويرات أطرت تفكيرى عن الموضوع.

وكذا فثمة أثر لشخص آخر له اهتمامات تشبه اهتماماتى بالفلك العضوى هو المرحوم كيث رنكورن Keith Runcorn، والذى سبق أن زاملنى بجامعة نيوكاسل فى تاين Tyne. والذى كان جيوفيزيائيًا امتدت اهتماماته وراء الأرض إلى النظام الشمسى. ومع أن الجيوفيزياء كانت بعيدة جدًا عن مجال خبرتى، فكثيرًا ما جلست فى محاضرات كيث ومؤتمراته. وفى الاجتماع الخمسين لجماعة «النيازك أو الشهب» الذى عقد بنيوكاسل ١٩٨٧ والذى لا يمكن - وبصفة خاصة - أن أنساه باعتبارها المرة الأولى التى أتعلم فيها شيئًا عن نيازك وشهب المريخ.

والقطعة الأخيرة من هذا «الزجاج» أو الطريق المتعرج والمتشابك جاءت فى بواكير التسعينيات، عندما انتقلت إلى أستراليا للعمل لجامعة أدليد Adelaide، وهناك أصبحت مهمًا بما يجرىه دنكان ستيل Duncan Steel، الخبير فى

اصطدامات الكويكبات والمذنبات مع الكواكب. وكان له الفضل بتعريف حقيقة أن المادة يمكن أن تُقذف من الكواكب من خلال الاصطدامات الكونية، وهى الفكرة التى قادت إلى نظريتى عن سفر العضويات الميكروسكوبية **Microorganism** من المريخ إلى الأرض أو العكس.

وعندما تهيأت لوضع هذا الكتاب كنت مقتنعا بأن العلم أصبح قريباً من كشف غموض «أصل الحياة». والدليل الدراماتيكي بأن الميكروبات تعيش هناك فى العمق تحت الأرض، والذي عرفته لأول مرة من جولد، هذا الدليل يَعِدُ بأن يكون وراء «الحلقة المفقودة» بين العالم قبل الحيوى الخاص بـ «الشورية البيوكيميائية» وبين أول الخلايا البدائية. والحقيقة أن كثيراً من العلماء فى هذا المجال يعتقدون بثقة أن المشاكل الكبرى الخاصة بالنشوء الإحيائى قد تم حلها بالفعل، وثمة بعض الكتب التى نقلت لنا مؤخراً الرسالة الواثقة بأن أصل الحياة ليس بالفعل بهذه الدرجة من الغموض بعد كل شيء^(١٤). ومع ذلك أظن أنهم على خطأ. وبعد قضاء بعض السنوات باحثاً فى هذا المجال أصبحت مع الراى القائل بأن ثمة خليجاً عميقاً فى بحر فهمنا. وللتأكيد، فإن لدينا فكرة جيدة عن «أين» و «متى» ولكننا لم نزل بعيدين جداً عن «كيف» بدأت الحياة.

وهذا الخليج الذى أعنيه فى فهمنا لا يتعلق بالجهل بتفاصيل تقنية معينة، ولكنه يمثل ثغرة أو فجوة فى الفهم. ولست أقترح أن أصل الحياة عبارة عن واقعة طبيعية فائقة أو وراء الطبيعة، وإنما فقط أننا نفتقد شيئاً ما أساسياً جداً فى الأمر كله. وإذا كان الأمر كما يعتقد كثير من الخبراء والمُتَحَدِّثِينَ عن الأمر بأن الحياة مجبرة على النشوء بمجرد توافر المشارطات الصحيحة، فلا بد إذن أن أمراً مدهشاً يقع فى هذا الكون، شىء بارز وشديد الأهمية وله تشعبات وروافد فلسفية مهمة أيضاً. هذا وعقيدتى الشخصية عما يستحق هنا أن تكون هناك نظرية ترضينا جميعاً بصدد أصل الحياة والتى تحتاج أفكاراً جذرية جديدة، ربما نجدها فى منطقة نظرية التعقيد ونظرية المعلومات، وكما اقترحت فربما تمتد إلى عمليات المعلومات الكمية بطريقة ما.

كثير من الباحثين يجدون حرجًا فى الإقرار العلنى بأن أصل الحياة يظل سرًا، وحتى خلف الأبواب المغلقة، حيث يتمتعون بالحرية يجدون أنفسهم فى حالة من الحيرة والارتباك إزاء اعترافهم بذلك. ويبدو أن هناك سببين لهذا الحرج وتلك الحيرة. أولهما أن ذلك يفتح الباب للأصوليين الدينيين للقول بأن الله هو الخالق، الأمر الذى يفتر إلى الأدلة بالمعنى العلمى وباعتبار أن ذلك يخلق الفجوة فى الفهم التى أشرت إليها. والثانى هو أن اعترافهم الصريح بالجهل سوف يقوّض اعتمادات التمويل، خاصة بالنسبة لبحوث الحياة فى الفضاء. ويبدو أن الحكومات مستعدة للإنفاق على البحث عن وجود حياة خارج الأرض، إذا كان العلماء معتقدين بأنها بالفعل موجودة هناك.

فى رأى أن هذا السلوك ليس صحيحًا أو أنه يخلو من الرشاد. على العلماء أن يمضوا فيما هم فيه من أبحاث دون إعطاء أهمية للمبالغة فى الدعاوى المتعلقة بمجرد أن هناك هزًا فى الدعم العام. والأهم من ذلك أن الجهل بمدنا بدافع أفضل للتجربة أكثر مما يفعل التيقن من الأشياء. ومن المهم أن نسعى إلى وجود الحياة فى عوالم أخرى، ومحاولة توليفها أو اصطناعها فى المعامل، خاصة أننا لسنا متأكدين من كيف وُجدت. وإذا كنت مصحًا فى قولى، فإن هذا النشوء الإحيائى سوف يعطينا فكرة ولو ضئيلة عن أمر مدهش وهائل، لأن دراسة عوالم أخرى ربما تمكّننا من الإمساك بالسر الملحوظ أثناء حدوثه. والعلماء مقتنعون بأن كواكب مثل زحل والزهرة وأقمار كل منهما تمثل معامل ضخمة للحالة قبل العضوية، حيث إن الخطوات التى أدت للحياة على الأرض قد تجمدت هناك مع الزمن، وكجزء يوازن بين مجال الكيمياء المعقدة من ناحية ومجال البيولوجيا من ناحية أخرى. وفى حالة المريخ فيبدو أكثر أن الخط بين اللا حياة والحياة قد تم عبوره، وأنه عند مرحلة ما فى الماضى ازدهرت الحياة فوق النجم الأحمر.

وحل لغز النشوء الإحيائى ليس مجرد مشكلة على قائمة ما يجب على العلماء عمله من مشروعات بحثية. ومثل أصل الكون وأصل الوعي، يقدمان لنا ما

هو أعمق لأنها اختبار لأساس وجهة نظرنا إزاء عالمانا. واكتشاف ما يعد بتغيير الأسس والمبادئ التى ينبنى عليها فهمنا للعالم الفيزيائى، تستحق أن نضعها بين الأولويات - فطالما حير سر الحياة الفلاسفة والنيولوجيين والعلماء لأكثر من ٢٥٠٠ سنة، وفى العقد أو العقدين التاليين فلدينا فرصة ذهبية لأن نحقق تطورات كبرى فى هذا الميدان.

وبأخذ مَقْوَدَى أو مفتاح العملية من فرانسيس كريك^(١٥). وإشاراته فيما يعنى أن النشوء الإحيائى «يكاد يكون معجزة» فقد أعطيت عنواناً لهذا الكتاب عند نشره لأول مرة عام ١٩٩٨ «المعجزة الخامسة» "The Fifth Miracle"، أما الطبعة المنقحة التى بين أيديك، فقد أعطيتها عنوان: «أصل الحياة» لتعكس محتوى الكتاب على نحو واضح. ولقد بقى العمل من دون تغييرات حقيقية، ولو أننى بالطبع جعلته أكثر بصيرة بشكل ملحوظ. وكثير من الحدوس التى ناقشتها فى ذلك الوقت وبدت أنها تنصدر الساحة قد دعمتها بأدلة جديدة يزداد الاقتناع بأنها قابلة للتصديق ولو ظاهرياً. وبشكل خاص فيما يتعلق بحالة تدعو للحيرة والقلق عن وجود مجال إحيائى تحت السطح، إمكانية وجود حياة فى الماضى أو الحاضر فوق المريخ، ثم إنتقال النظام العضوى الحى بين الأرض والمريخ. لقد قمت بتحديث النص هنا وهناك، وأدخلت ملاحظات تدعم هذه التطويرات الجديدة.

وفى مرحلة الإعداد للكتاب ومراجعته فقد استفدت على نحو ملحوظ من المناقشات التفصيلية المطولة مع كثير من زملائى المميزين. بعضهم أشرت إليه بالفعل. وثمة شكر خاص لكل من: سوزان بارنز Susan Barns وروبرت حنا فورد Robert Hanna ford وجون باركيز John Parkes وستيفن روز Steven Rose ومايك رسل Mike Russel ودنكان ستييل Duncan Steel ومالكولم والتر Malcolm Walter، الذين تفضلوا وقرأوا وعلقوا على مخطوطة الكتاب الأصلية. وثمة آخرون قدموا لى يد المساعدة قبل وبعد الطبع الأول للكتاب وهم:

Emma Bakes, Diane Addie, Derek Abbott, Roger Buick, Julian Brown, David Blair, George Coyne, Benton Clark, Julian Chela-Flores, Susan Davies, Robert Crotty, Helena Cronin, Thomas Gold, Everett Gibson, Reza Ghadiri, Gerry Joyce, Richard Hoover, Monica Grody, Bernd-Olaf Küppers, Stuart Kauffman, Jay Melosh, Chris Mckoy, Clifford Matthews, Pauline Newman, Stanley Miller, Curt Mileikowsky, Martin Rees, Martin Redfern, Stanley Miller, Mithael Paine, Lynn Rothschild, J. William Schopt, Robert Shapiro, Leslie Orgel, Everett Shock, J. William Schopf, Lynn Rothschild, Normansleep, Robert Shapiro, Geoffrey Shallit, Roger Summons, Karl Stetter, Lee Smolin, Martin Vankranendonk, Ruediger Vaas, Philippa Uwins, Chandra Wickramasinghe, Frances Westall, David Zare, Kevin Zahnle, Ian Wrigh.

وفي النهاية أحب أن أوجه شكرى إلى معهد الأستروبيولوجى فى NASA ومديره باروخ بلومبرج Baruch Blumberg للتشجيع والدعم الذى قمنه لى، وكذا القائم على مركز أبحاث طيران الفضاء لكرم استضافته لى.

بول دافيز

المركز الأسترالى للفلك العضوى

جامعة ماكواير بسيدنى

سبتمبر ٢٠٠٢

<http://aca.mq.edu.alpdavies.html>

الهوامش

(١) حول أصل الأنواع 'On the Origin of Speices'

لـ: تشارلز دارون" "Charles Darwin" (John Murray, London 1859) ..

(٢) الحياة ذاتها: طبيعتها وأصلها 'Life Itself. Its Nautre and Origin'

لـ: فرانسيس كريك "Francis Krick" . (Simon & Schuster New York, 1981, .p. 88)

(٣) الغبار الحيوى "Vital Dust"

لـ: كريستيان دى دوف 'Christian de Duve' . (Basic Books, New York 1995)

(٤) الانتقال الطبيعى للميكروبات المتنقلة فى الفضاء Natural transfer of viable microbes in space
لـ: كيرت ميليكوسكى وآخر "Curt Mileikowsky et al" .
(Icarus 145, 391 (2000))

(٥) الأحفورات الجانبية من المريخ القديم: توقيع غير مصقول للطبيعة البيولوجية فى الحجر
النيزكى المريخى ALH 84001

"Magnetofassils from ancient Mars: a robust biosignature in The Maritian meteorite ALH84001

لـ: كاثى ل. توملس - كيترو وآخر "Kathie L. Thomas- Keptro et al."

(Applied and Environmental Microbiology 68, 3663, (2002))

(٦) اقتباس في «إنشاء أو تكوّن الحياة» **The Creation of Life**

لـ: أندروسكوت "Andrew Scott". (Blockwell, Oxford 1986, p. 49).

(٧) معالجة فاينمان: مقدمة للحوسبة الكمية لـ: جيرارد ميلبورن **The 'Gerard Milburn**

Feynman Processor: An Introduction to Quantum Computotion" (Allen & Unwin, Sydney 1998)

(٨) الفيزياء الرياضية والحياة **Mathematical physics and life**

لـ: أبورفا باتيل "Apoorva Patel" في علوم الحوسبة والمعلومات: توجهات حديثة.

"Computing and Information Science: Recent Trends». (ed J. C. Misra, Narosa Publishing House, New Delhi, 2002, p. 270).

(٩) السحابة السوداء "The Black Cloud"

لـ: فريد هويل "Fred Hoyle". (Penguin, Harmonds Worth 1960).

(١٠) احتمالية الوجود لوحدة تُعيد إنتاج ذاتها "The probability of the Existence of a Self-reproducing unit"

لـ: أيجين ويجنر «Eugene Wigner» في منطق المعرفة الشخصية "The Logic of Persanal Knowledge" (نسخة من نون اسم أو مجله) (ed. Routledge & Kegan Paul London 1961, p. 231).

(١١) ما هي الحياة «What is Life ?»

لـ: إروين شروينجر "Erwin Schrödinger" University Press, (Cambridge 1944).

(١٢) ومع ذلك فقد نوقش عمل كارتر «Carter» بشكل واسع في مجال الأندب، انظر على

سبيل المثال: «مبدأ الأنطروبييا الكونية **The Anthropic Cosmological Principle** لـ: جون بارو "John Barrow" وفرانك تبلر (Clarendon Press, Oxford 1986).

(١٣) المبدأ الأنطروپى وبناء العالم الفيزيائى لـ: ب. كار B. Carr وم. ج. ريس M.J. Rees (Nature 278, 605 (1979).

(١٤) انظر على سبيل المثال: خطوات فى اتجاه الحياة Steps Towards Life لـ: مانفريد إيجن Manfred Eigen

(Trans. P. Woolley, Oxford University Press, Oxford 1992). والغبار الحيوى لـ: كريستيان دى دوف Christian de Duve (Basic Books New York 1995) مطابقاً للتعليق المتفائل الذى يقول به النشوء والذى يتحذر من الاقتباس التالى: ليس ثمة شك فى أننا سنكتشف، واحداً تلو الآخر، كل الخطوات فى المعمل... لنا الحق فى أن نكون متفائلين «فى الأصل والتطور وتوزيع الحياة فى الكون» The origin, evolution and distribution of life in the universe فى النهايات الكونية ونهايات الإنسان
«لـ: سيريل بونامبيروما» Cyril Ponnampuruma.

(ed., Clifford Matthews and Roy Abraham Varghese), Open Court, Chicago 1955).

(١٥) مصطلح «الرب الذى يملأ الفجوات» God of gaps «استخدمه الثيولوجيون للإشارة إلى محاولات شرح «الفجوات» فى المفهوم العلمى للطبيعة من خلال تحركات مقدسة أو إلهية منتقاة.

الفصل الأول

معنى الحياة

تخيل أنك قمت بالحجز لمقعد لك في آلة زمن، للسفر بها في الماضي وإلى الوراء أربعة بلايين من السنين. ما الذى سينظرك هناك عندما تهبط من الآلة؟ لن توجد تلال خضراء ولا شواطئ رملية. لا جروف بيضاء ولا غابات كثيفة. الكوكب الشاب سوف يكون فيه قليل من الشبه مع ما نراه اليوم. وبالطبع سنبدو تسمية «الأرض» ذاتها كنوع من انتقاد صحة التسمية وبشكل جاد. ستكون تسمية مناسبة لو قلت «المحيط»، لأن العالم كله تقريبًا سيكون مغمورًا تحت طبقة عميقة من المياه الحارة. وليس ثمة تقسيم إلى قارات محددة تقرق بين بحر قاسى الطبع وآخر. وستجد هنا وهناك براكين جبارة - جميعها تنتشر على سطح المياه الساخنة تلك، نافثة سحبًا قوية وهائلة وكثيفة من الغازات الضارة. والجو فى عمومها ساحق ماحق وغير قابل للاستنشاق أو التنفس فيه. والسماء، لدى خلوها من السحب، ستكون مضاءة بنور شمس مميتة كرد الفعل الذرى، ومُغرقة للكوكب بأشعة فوق البنفسجية. وفى المساء تضىء السماء بشهب ونيازك براقّة رائحة غادية عبرها. وبين حين وآخر تخترق هذه الشهب الجو الأرضى، غاطسة فى هذا المحيط، مثيرة عواصف عملاقة وأمواجًا عالية أشبه بأمواج «سونامى» بارتفاع عدة كيلو مترات، وتنتثر أجزاءها حول العالم من أثر الاصطدام.

وقاع المحيط العالمى ذاك لن يكون صخريًا كما نعلم أو نرى فى محيطاتنا الحالية. ثمة مجموعة من جهنمات متناثرة هناك تحت فى القاع، متقدة بنيران بدائية. وفى بعض الأماكن تتمزق (تنتفّق) القشرة الأرضية عن صدوع واسعة تتبعث منها ألسنة اللهب ومصهورات البراكين لتتحم المحيط. ولا يمنع مياه البحر

من الغليان سوى الضغط الهائل للطبقة الفوقية المغمورة فى مناهة فوهات ومنافذ البراكين، المنشئة لوضع معقد من الاضطراب الكيماوى الذى يصل بدوره إلى عمق القشرة المنتخه. وفى مكان ما من هذه الأعماق المتقدمة، وفى التجاويف المظلمة لقاع البحر، يحدث ما هو غير عادى، شىء مقدر له أن يعيد تشكيل الكوكب وربما الكون بأسره .. لقد ولدت الحياة.

ومما لا شك فيه أن الوصف السابق هو نوع من التفكير التأملى فى كيف كانت الصورة آنذاك. ولكن يبقى أنه يعنى واحداً من السيناريوهات الممكنة التى أعطاها لنا العلماء عن أصل الحياة، وإن كان الشاهد أنه أقربها للتصديق، وهو ما يتزايد التصديق به يوماً بعد يوم. ومنذ عشرين عاماً فقط، كان اقتراح أن الحياة بدأت فى أعماق تلك البراكين المتقدمة، نوعاً من الهرطقة، خاصة أن ذلك يعنى أنها بدأت بعيداً عن الهواء وضوء الشمس. إلا أن الأدلة قد أبرزت أن أسلافنا القدامى لم يزحفوا أو دبوا عبر الوحل والمياه الضحلة بقدر ما نشأوا عبر الحرارة الجهنمية تحت الأرض. بل ربما كان من يقطنون السطح، عبارة عن نوع من الزيغ أو الانحراف أو الشذوذ المتعلق بالظروف الخاصة بالأرض وقتئذ. وإذا كانت ثمة حياة فى مكان آخر من الكون فسوف تكون بالكاد تحت الأرض بالكامل وسيندر أن تمارس تشكلها على سطح أى من الكواكب.

وعلى الرغم من أن ثمة موافقة مناسبة على أن التشكلات البيولوجية المبكرة كانت عبارة عن ميكروبات تحيا فى الأعماق، فإن الآراء تبقى منقسمة فيما بين، عما إذا كانت الحياة بدأت من أعماق قشرة الأرض، أم أنها مجرد تواجدت هناك بشكل مبكر. لأنه برغم التقدم الهائل على مدى العقود الأخيرة فى مجال البيولوجيا الجزيئية والبيولوجيا الكيماوية، يستمر العلماء غير عارفين تأكيداً كيف بدأت الحياة. ولو أن ثمة خطوطاً عريضة لنظرية أصبحت متاحة، فنحن على مبعده مما تحسبه تقدماً تدريجياً عن معرفة العمليات التى أحالت المادة إلى حياة. وحتى الموقع بالضبط الذى كانت فيه «حضانات» هذه العمليات، يمثل لغزاً يثير الغيظ.

فلربما لم يكن أصل الحياة واقعًا على الأرض من أساسه، وربما جاءت الحياة إلى الأرض من الفضاء الخارجى.

والتحدى الذى يواجهه نضال العلماء لشرح أو تفسير أصل الحياة، يتمثل فى الحاجة إلى وضع قطع بجوار بعضها البعض من الوقائع والأحداث التى حدثت منذ بلايين السنين، والتى لم تخلف وراءها إلا القليل من الآثار، أو نَفَذَت الآثار بصدها كليةً. لعله هدف مروع أو مثبط للهمة. و على سبيل الحظ فقد تم فى السنوات القليلة الماضية، وضع صورة لطبيعة الكائنات البدائية التى وُجِدت على الأرض، وأُستحدثت مجموعات جديدة من التجارب المعملية أدت إلى فهم الصورة الباكورة فى النظام الشمسى. هذا وتعتبر إعادة إحياء فكرة إمكانية الحياة على المريخ سببًا فى توسيع الأفكار عن الشروط الضرورية للحياة. كل هذه التطورات مجتمعة، رفعت من مستوى البحث من مجرد بحوث تُجرى فى الخلفية إلى بحوث تُمثل المجرى الرئيسى لمشروعات البحث.

ومشكلة كيف ومتى بدأت الحياة، تمثل واحدة من أكبر الغوامض المدهشة فى العلم. والأكثر من ذلك أن قصة أصل الحياة تمتد تشعباتها وروافدها إلى الفلسفة، وإلى الدين وإلى الإجابة عن مثل هذه الأسئلة الشَّماء، مثل عما إذا كنا الكائنات الواعية الوحيدة فى الكون، وعما إذا كانت الحياة قد جاءت نتيجة حادثة عشوائية أو قانون عميق الجذور، أو ربما ثمة نوع من المعنى المطلق لوجودنا، يعتمد على ما يمكن أن تحسمه كشوف العلم حول تشكل الحياة.

وفى مثل هذا الموضوع المشحون بقوة يمثل هذه المعانى، يصبح من غير المدهش أن نفتقد حس الإجماع فى الأمر. فبعض العلماء ينظرون إلى الحياة كنزوة كيميائية غريبة وفريدة فى الكون. بينما يصرّ بعض آخر على أنها النتاج المتوقع للقوانين الطبيعية الرائعة والفاصلة. وإذا كان هذا الصرح العظيم للحياة هو نتيجة العشوائية والانعطافات الحادة والمحصنة لأحداث القدر، وكما ادعى البيولوجى الفرنسى جاك مونو Jacques Monod، فإن علينا أن نجد سببًا عامًا بالتأكيد لإلحاده الواضح، مُعَبَّرًا عنه جيدًا فى هذه الكلمات^(١):

«الغطاء القديم ممزق إلى قطع: عرف الإنسان أخيرًا أنه وحيد في الاتساع الهائل غير المحسوس للكون، والذي برز عبره بالمصادفة. ولا قدر له أو واجب عليه سبق أن تقرر أو كتُب بشأنه».

ولكن إذا كان مرشحًا أن الحياة ظهرت بدرجة - أكثر أو أقل - كجزء من عمق قانونية الكون، وإذا ما كانت مكتوبة خلال الدراما الكونية العظمى بطريقة أساسية - فإنها إذن تمثل إشارات إلى كون له هدف. وعلى الجملة فإن أصل الحياة هو المفتاح لمعنى الحياة.

وفي الفصول القادمة سوف أختبر بعناية آخر دليل علمي كمحاولة لمواجهة هذه المشروعات الفلسفية المثيرة للجدل. كيف كان الكون متعاطفًا بيولوجيًا؟ هل الحياة ظاهرة تتفرد بها الأرض؟ كيف أن أشياء معقدة، مثل حتى أبسط التكوينات العضوية يُمكن أن تنتج عن عمليات فيزيائية مباشرة؟

الأصل الفاضل للحياة:

«يبدو أن أصل الحياة... تقريبًا معجزة، فكم هي الشروط العديدة التي كان متوجبًا تحقيقها لكي تمضي الحياة في طريقها»^(*). هكذا يقول فرانسيس كريك Francis Crick. وطبقًا لسكان أستراليا الأصليين في كمبرلي Kimberly عن وقت إنشاء أو خلق اللالاي Lalai^(*) فإن المسيطر على المجرة وصانع الأرض، سمح للمياه الطازجة بأن تسقط على ثعبان الأرض العملاق «وانجود» Wunggud. والذي كان جسده مصنوعًا كعنصر ملفوف داخل كرة مملوءة بما يشبه مادة «الجيلي» والمسماة نجالالا ياونون nagallall ywon وبتلقيه هذه المياه المنعشة، تحرك زانجود، محدثًا انخفاضًا أو ضعفًا كمرآب يجمع فيه الأرض. حينئذ صنع

(*) من المرجح أنه اسم الله لدى السكان الأصليين في أستراليا. (المترجم).

المطر، وأنشأ العمليات الإيقاعية المتناغمة للحياة: الفصول، دورات الإنتاجية، دورات الطمث (الحيض) وشكلت قواها الإبداعية الإطار العام للمشهد ومنحت القوة لكل المخلوقات النامية والتي بقي محتفظاً هو بالهيمنة عليها^(٣).

وكل الثقافات لديها أساطيرها عن عملية الخلق وبعضها نابض بالحيوية عن بعضها الآخر. وقد نظرت، أو وجهت الحضارة الغربية لعدة قرون، نظرها إلى الكتاب المقدس للحصول منه على الاستنارة في هذا الموضوع. وللأسف فإن الكتاب المقدس يصبح أقل رقة وبطريقة مثيرة للإحباط بجوار القصة الأسترالية: خلق الله الحياة بصورتها الحالية تقريباً وبطريقة مباشرة، كما المعجزة الخامسة.

وليس بعيداً من كيمبرلي، وعبر الصحراء الرملية الكبرى وعبر جبال بلبارا Pilbara، وجدت أقدم أحفورة معروفة على الأرض. هذه البقايا المدهشة شكلت جزءاً من تقديرات العلم عن «الخلق». وكنقطة بداية فقد اعتبر العلم أن الحياة ليست من صنع الله الخالق ولا أى كائن فوق طبيعي، وإنما حدثت الحياة من دون مساعدة من أحد، وإنما كعملية طبيعية صدفوية أو عضوية.

وعبر القرنين الأخيرين فقد عانى العلماء من تجميع وتثبيت القطع المتناثرة من تاريخ الحياة. وأظهرت تقارير الأحافير بوضوح أن الحياة القديمة تختلف بشدة عن الحياة الموجودة بالفعل. وبطريقة مباشرة فإنك كلما ابتعدت إلى الوراء زمنياً، وجدت الحياة أبسط وأبسط بالنسبة للكائنات قاطنة الأرض. والتكاثر المثمر والمعقد من أشكال الحياة لم يقع إلا في البليون سنة الأخيرة. هذا وأقدم أحفورة حيوانية حقيقية موثقة وجدت أيضاً في أستراليا (في جبال الفلندرز Flinders Mountains شمال أدلايد Adelaide) ويرجع تاريخها إلى ٥٦٠ مليون سنة، وبعد هذا العصر بوقت قصير، منذ حوالي ٥٤٥ مليون سنة مضت، بدأ انفجار حقيقي للأنواع، وبلغت أوجها في استعمار الأرض بواسطة نباتات وحيوانات عملاقة، كما تشكلت الحياة وقتئذ في نظم عضوية وحيدة الخلية.

هذا السجل من التعقيد والتنوع مشروح جيداً في نظرية دارون عن التطور، والتي رسمت صورة للأنواع المستمرة في التفرع وإعادة التفرع، لتشكل المزيد والمزيد من الامتدادات والأنسال، وعلى سبيل الحديث فإن هذه الأنسال أو الذرية تتقارب وتطور حول أصل واحد. والدليل القوي الذي يؤكد أن الحياة على الأرض تتحدد عبر هذا التفرع من سلف أو أصل واحد يتحصل في أن كل امرئ وكل حيوان وكل نبات وكل باكتيريا غير مرئية، يمكن تعقب أصلها في الميكروب الصغير جداً الذي عاش منذ بلايين السنين، حيث كان هو أول الأحياء^(٤). أما ما يبقى محتاجاً للتفسير، وبشكل الجزء المركزي في متاهة الحقيقة العلمية عن الحياة، هي كيف أصبح الميكروب الأول موجوداً، أو بمعنى آخر كيف جاء للوجود؟

والذي يبدو للعيان أن التعمق الزائد في المسألة من شأنه زيادة عمق السر. إن الخلية الحية هي أكثر النظم في حجمها تعقيداً لدى البشرية. إنها تحتضن جزيئات متخصصة، لا يمكن العثور عليها هنا أو هناك، وإنما فقط في المواد الحية، وهي نفسها غاية في التعقيد. إنها تنفذ ما يشبه الرقصة المختارة بعناية والدقيقة لأبعد حد، والإخلاص الكامل، والانضباط الأقصى، وهي صفات تخطف الأنفاس وتتعاون معاً في أوركسترا متناغم، وبشكل أوسع وأكبر كثيراً من أعقد «الباليهات»، ورقصة الحياة تلك، تشمل ما لا يمكن إحصاؤه من الجزيئات المتعاونة معاً بشكل كامل. ولو أن هذه الرقصة لا إشارة فيها لأي مسئول عن وضع الألمان. لا مشرف عبقرياً ولا قوة سحرية، ولا إدارة واعية تؤرجح الجزيئات، لتختار منها الصالح وفي الوقت المناسب، وتغلق الفجوات، ولا تزواج بين الشركاء، ولكن تدفعهم للأمام. رقصة الحياة تمضي بشكل تلقائي وعضوي، خالقة ذاتها ومستمرة بذاتها.

كيف يمكن لشيء أن يبلغ هذه الدرجة القصوى من التعقيد؟ وهذه البراعة والدقة البالغة، وهذه المهارة الفائقة شديدة الحساسية، وكل هذا يأتي للوجود بذاته؟ وكيف للجزيئات - غير العاقلة - أن تصبح قابلة فقط للدفع والجذب مع جيرانها المباشرين، ليتعاونوا في الإبقاء على شيء في عبقرية حياة النظم العضوية الحية؟

وحل هذه الأحجية يتطلب الخوض فى عدة أنظمة، تأتى على رأسها البيولوجيا، ولكن أيضاً مجالات الكيمياء، والجيولوجيا، والفلك، والرياضيات وعلوم الكمبيوتر (الحوسبة الإلكترونية)، والفيزياء، كل منها له مساهماته فى الأمر على نحو أو آخر. وحتى فى التاريخ. قلة من العلماء تعتقد أن الحياة بدأت بقفزة حدثت فى لحظة تاريخية فريدة. فلا وجود لعملية فيزيائية قادرة على التنفس الحيوى داخل المادة بطريقة مفاجئة. ولا بد أنه كانت هناك مرحلة انتقالية معقدة وطويلة بين الجماد والأشياء الحية، عندما وجدت لأول مرة، أحداث ممتدة ومتعاقبة زمنياً، لا يبدو أنها كانت مقدرة لعدد لا يحصى من التفاصيل. وقانون الطبيعة لا يكفى وحده لشرح أو تفسير كيف بدأت الحياة، لأنه ليس ثمة قانون مفهوم أو يمكن إدراكه قد يجبر حشداً من الذرات على أن تتبع منهجاً موصوفاً محدداً مسبقاً، بينما تطيع أو تستجيب لقوانين الطبيعة، لا بد أن الطريق الفعلى الذى اتخذته الحياة كان صدقوياً وخاضعاً للظروف أكثر من مجرد انصياعه لقوانين الطبيعة، أى أنه نتيجة للمصادفة غير المتوقعة، كما يطلق عليها أهل الفلسفة. وبسبب هذا وبسبب جهلنا بالشروط التى سادت فى الماضى البعيد، فلن نعرف أبداً بالضبط ما الحادث الذى أنتج الحياة فى شكلها الأول.

ومع ذلك فإن غموض الإحياء العضوى يذهب إلى مستوى أكثر عمقا من مجرد الجهل بالتفاصيل. لأنه ثمة مشكلة عويصة تتعلق بطبيعة الحياة. وهناك على مكتبى «أباجورة» من تلك التى كانت شائعة فى ستينيات القرن الماضى، محتوية على سائلين مختلفى اللون ولا يختلطان، نقاط سائل منهما تنتشر ببطء عبر السائل الآخر. وفى العادة فالناس تعبر عن مسلك هذه النقاط على أنه شبيه بمسلك الحياة. والحاصل أن هذه الأباجورة ليست وحدها فى هذه الشأن، وإنما عديد من النظم غير الحية لها خصائص تشبه الخصائص الحية، شتلات اللهب الخفاقة أو المترجرجة، كتل الثلج المتساقطة، نماذج من السحب، دوامات التيارات المعاكسة فى نهر ما. ما الذى يميز إذن النظام العضوى الحى حقيقة، عن النظم التى مجرد

تشبهها فى السلوك ولكنها غير حية؟ ليس الأمر ببساطة مجرد اختلاف الدرجة؟ إنما هناك اختلاف حقيقى بين طبيعة الشيء الحى بالفعل والشيء الذى فقط مجرد شبيه به ولكن من دون حياة فعلية. إذا ما رقدت فرخة فوق بيضة، فسيكون رهاناً عادلاً أن الصغير النابت ريشه نواً فى مخبئه سيصبح هو أيضاً فرخة. ولكن حاول أن تنتبأ بشكل قطعة الجليد المتساقطة القادمة كيف سيكون بالضبط. الفرق الحاسم هنا أن الفرخ الجديد قد تم صنعه طبقاً لتعليمات جينية محددة. بينما نقاط سائل الألباجورة، وقطع الثلج المتساقط، ودوامات النهر، جميعها سوف تتشكل شاعت هى أو أبت، أى على نحو يعوزه التقرير المسبق. فليس ثمة جينات فى قطع الجليد. والتعليمات المكوّنة للتعقيد البيولوجى تكون معقدة بدورها، وباستخدام اللغة الحديثة فى هذا الشأن، فإن التعقيد مبنى على قاعدة معلومات معقدة. وعبر الفصل التالى سوف أناقش أنه لا يكفى أن نعرف كيف ظهرت تلك التعليمات المعقدة، بل يجب أن يمتد اهتمامنا إلى أصل المعلومات البيولوجية. وكما سنرى فإن العلماء مازالوا بعيدين جداً عن حل هذه المتاهة - المفهومية الأساسية. وبعض الناس يبتهج لهذا النوع من نقص المعلومات، باعتبار أن ذلك يفتح الباب لخلق إعجازى. ومع ذلك فإن وظيفة العلم أن يحل الألغاز دون اللجوء إلى مصدر مقدس يهيمن على الأشياء. ولكن العلماء لا يزالون غير متيقنين من كيف بدأت الحياة.

لا يعنى هذا أن الحياة ليس لها أصل طبيعى. كيف للمرء أن يذهب فى طريق حشد، أو تركيب تقديرات علمية حول المسألة الإحيائية أو نشوء الحياة؟ يبدو هذا الهدف وكأنه لا أمل فيه لأول وهلة. لأن الوسائل التقليدية فى السعى وراء الأحافير الصخرية تقدم لنا قليلاً من المفاتيح. معظم الجزيئات «قبل الحية»، والتى مهدت لظهور الحياة، سبق أن تم استئصالها أو اجتثاثها منذ مدة طويلة. وأحسن ما يمكن أن نأمل فيه هو بقايا تدرج كيميائى من النظم العضوية السابقة، والتى منها برز النسيج الخلوى الحى المألوف لنا.

وإذا كنا سنعتمد فقط على الأحافير الصخرية، فإن هدف فهم أصل الحياة والتطورات المبكرة للحياة سيكون هدفًا هائلًا ومرعبًا بالطبع. ومن حسن الطالع أن ثمة خطأ آخر من الأدلة، يساعد الخط السابق. إنه يمتد بدوره إلى الماضي المظلم البعيد، ولكنه يوجد هنا والآن، داخل بعض أشكال الحياة التي لا تزال باقية. يقتنع البيولوجيون بأن بقايا أو تذكارات باقية من النظم العضوية الحية القديمة، تعيش في العمليات البيوكيماوية لأخلافهم، ومن بينهم الإنسان. وبدراسة كيف تعمل الخلية الحديثة يمكننا أن نلقى نظرة خاطفة على بقايا حياة السلف وهي تعمل - جزئياً فريد أو مميز هنا، رد فعل كيميائي ناقص على نحو ما هناك - هي ذات الطريقة الخارجة على المكان، أجزاء صلبة من الأرض أو واهنة، ركام مشكوك فيه، أي تغيرات في الأركيولوجيا (علم طبقات الأرض). وهكذا نجد واسطة بين تعقيدات العمليات التي تجري في الحياة العضوية الحديثة وأثار نضال الحياة البدائية، وتشكل معبراً بيننا وبين ماضينا البعيد. وتحليل هذه الآثار الغامضة، وجد العلماء خط البداية لإعادة بناء وتشكيل الطرق الفيزيائية والكيميائية التي قد تكون أدت لوجود أول خلية حية.

وحتى مع هذه المفاتيح البيوكيماوية، تظل إعادة الإنشاء ذاك معتمدة بشكل كبير على التخمين لولا الاكتشافات التي حدثت أخيراً لما يمكن أن تطلق عليه «أحفوريات حية» معينة، وهي تلك الميكروبات التي تقطن أماكن شاذة وبيئات غاية في التطرف، وأعني بها الحشرات العملاقة Superbugs والتي تسمى عادة إكستريموفيلز extremophiles والتي أخضعت للفحص الكثيف، والتي أحدثت نوعاً من التتوير في الميكروبيولوجي. وهي ربما تكون بحالتها هذه هو ما تلقى عليه نظرنا الخاطفة كميكروبات شاذة وغريبة، بينما هي قريبة كل القرب للحالة العضوية البدائية التي «باضت» لنا الحياة على الأرض. هذا وربما يأتي مزيد من المفاتيح عبر البحث عن الحياة على المريخ والكواكب الأخرى، ودراسة المذنبات والشهب النيزكية. وبوضع كل خيوط الأدلة كقطع متجاورة، فلربما تسمح لنا بإمكانية استنتاج أو استقراء، في خطوط عريضة على الأقل، ما هي الطريق التي ظهرت عبرها الحياة في الكون أول ما فعلت.

ما الحياة؟

من المهم قبل أن نمسك بتلابيب المشكلة أن تكون لدينا فكرة واضحة عما هي الحياة؟ منذ خمسين عامًا مضت كان العلماء مقتنعين بأن لغز الحياة قد أصبح قاب قوسين أو أدنى. وميز البيولوجيون أو تعرفوا على أن المفتاح يكمن في مكونات الجزئ داخل الخلية. وكان الفيزيائيون في ذلك الوقت، قد فسروا تمامًا تشكيل المادة على المستوى الذري، وبدأ أنهم قريبًا ما سيجدون سر الحياة أيضًا.

وتم وضع الأجلدة (الأفكار مرتبة حسب آلياتها أو أولوياتها) بنشر كتاب يروين شروندجر "Erwin Schrödinger" «ما هي الحياة؟» "What is Life?"، وبدأ في ذلك الوقت، أن الحياة ليست أكثر من آلة متجمعة من أجزاء ميكروسكوبية يمكن دراستها باستخدام التقنية الخاصة بالفيزياء التجريبية. وثمة أبحاث تتصف بالحدز وبالاحترام استسلمت لهذه الوجهة من النظر. لقد تعرضت الخلية لرواية كثير من الأكاذيب عنها كآلة صغيرة جدًا أو منمنمة الطابع. ومع ذلك فإن صورة الخلية اليوم كأنها ليست سوى آلة معقدة جدًا تعتبر نظرة ساذجة. ولكي تكون متأكدًا، فإن البيولوجيا الجزيئية قد حققت نجاحات باهرة، إلا أن العلماء لا يزالون غير واثقين تمامًا، فالذي يمكن أن يضعوا أصابعهم عليه ذلك الذي يفرق بين نظام عضوى حي وبين النماذج الأخرى من الأشياء الفيزيائية. والتعامل مع النظام العضوى كآلية قد حقق وبرهن بلا شك على ثمار عديدة، ولكن من المهم ألا نلتصق بسحر هذا النجاح. التفسير الميكانيزمي أو الآلى هو جزء مهم لفهم الحياة، ولكنه لا يمثل القصة كلها.

ودعنى أعرض عليك مثالاً حاسماً على أين تقع المشكلة؟ تخيل أنك تقذف في الهواء بطائرين، أحدهما حي والآخر ميت، فإن هذا الأخير سوف يسقط على الأرض، محدثاً صوتاً مكتوماً وعلى بعد عدة أمتار قليلة ممكن حسابها. أما الطائر

الحى فسوف ينتهى به الأمر باستبدال «عامود الإدارة» خاصته مستمراً إلى أعلى مستقراً على أى هوائى تليفزيون فوق أى بيت فى البلدة، أو على فرع من فروع إحدى الأشجار، أو على سطح سياج شجرى لأحد المنازل، أو فى عش. وهكذا يبدو من الصعب أن تخمن مسبقاً إلى أين سينتهى به الأمر بالضبط.

وأنا كفيزيائى اعتدت على التفكير فى الأشياء أو المواد على أنها قابلة للتأثير على غيرها فى نفس الوقت الذى تقبل التأثير فيها من غيرها، وأن الاستجابة فى المجالين تكون عندما يتم إجبارها من قبل قوة خارجية - مثلما فى حالة الطائر الميت عندما انهدم على الأرض بتأثير شد من جانب قوى الجاذبية. ولكن المخلوقات الحية لديها «حياة» بالمعنى الحرفى، خاصة بها هى. كما كانت تشتمل فى داخلها على شرارة أو ومضة تمنحها الاستقلالية أو السيطرة الذاتية، حتى إنها تستطيع (ومن دون حدود) فعل أى مما يرضيها. حتى الباكثيريا فهى تقوم بما هو متطلب فيها ومنها وبطريقة صارمة. هل تكون هذه الحرية الداخلية، هذه التلقائية تعنى أن الحياة تتحدى قوانين الفيزياء أو أن الحياة العضوية تعتبر هذه القوانين مجرد عدة أو جهاز روتينى تستخدم قوانينه فى تحقيق ما تبتغيه؟ إذا كان الأمر كذلك، فكيف؟ وإلى أين تكون نهايات هذه الرغبات، بل من أين تأتى من عالم محكوم ظاهرياً بقوى عمياء لا هدف لها؟

هذه الخاصية المتعلقة بالاستقلال الذاتى، أو الحكم الذاتى يبدو أنها تلمس أكثر العناصر غموضاً والتي تُفرِّق بين الأشياء الحية والأشياء غير الحية، ولكنه من الصعب معرفة من أين تأتى. ما الخواص الفيزيائية للنظام العضوى الحى التى تمنحه هذه الاستقلالية؟ لا أحد يدرى.

الاستقلالية والحكم الذاتى يعتبران سمة مهمة للحياة، ولكن هناك سمات عديدة أخرى من بينها ما يلى:

إعادة النسخ Reproduction: النظام العضوى الحى لا بد أن يكون قابلاً لإعادة النسخ. وبالرغم من أن بعض الأشياء غير الحية مثل البلورات يمكنها أن تُعيد النسخ، بينما الفيروسات التى يعتبرها كثير من الناس أنها من الأحياء، فهى غير قادرة على التكاثر وحدها. البغال بالتأكيد هى من بين الأحياء ومع ذلك فهى عقيمة ولا يمكنها إعادة النسخ. والإثمار الناجح هو أكثر من مجرد نسخة طبق الأصل من الأصل وإنما لا بد أن يحتوى بدورها على نسخة من جهاز النسخ أيضاً. ولكى ينتشر التوالد وينتقل إلى الذرية فى جيل تال فلا بد من إعادة نسخ وسائل إعادة النسخ فى نفس وقت إعادة نسخ الجينات ذاتها.

الأيض (الهضم) Metabolism^(*): لى تصبح حياً على وجه صحيح فإن على النظام العضوى أن يفعل شيئاً. كل عملية كيميائية للنظام العضوى تنتقل عبر ردود فعل وتتابع معقد. وكنيجة لذلك تقوم بتكديس الطاقة، لتجعلها قابلة للقيام بأهدافها مثل الحركة وإعادة النسخ. هذه العمليات الكيميائية وتحرير الطاقة تسمى «الهضم أو الأيض»، ومع أن ذلك لا يمكن معادلته بالحياة. لأن بعض النظم العضوية الصغيرة (الميكرو) يمكنها أن تصبح معلقة أو ساكنة لمدة طويلة مع توقيف كل وظائفها الحيوية. وسوف نعترض على اعتبارها من الموتى إذا كان ممكناً أن تعود إليها الحياة.

الاغذاء Nutrition: وهذا قريب بدوره من الأيض. فإذا أنت احتبست نظاماً عضوياً حياً داخل صندوق مانع لتسرب الغاز أو أى شيء آخر، فخلال قدر معين من الوقت ستجد وظائف هذا النظام قد خففت وفى النهاية سيموت. إذن من الحاسم للحياة أن يكون ثمة إمداد دائم بالأشياء والطاقة. وعلى سبيل المثال فإن الحيوانات تأكل، والنباتات تخضع لنظام التركيب أو التمثيل الضوئى Photosynthesis. ولكن تدفق المادة والطاقة وحدهما لا يكفي للإمسك بعملية

(*) الأيض باختصار هو العمليات الكيميائية فى الخلايا الحية التى تؤمن بها الطاقة الضرورية للعمليات الحية، والتى بها تُعوض الطاقة المفقودة (المترجم).

الحياة. البقعة الحمراء الكبيرة لكوكب الزهرة عبارة عن دوامة من السوائل تبقى في دورانها بسبب تدفق المواد والطاقة. ولا أحد يقترح أنها حية. بالإضافة إلى أن الحياة لا تحتاج فقط للطاقة، إنما إلى شيء ما مفيد، أو طاقة حرة (مزيد من المعلومات عن ذلك ستجري مناقشته فيما بعد).

التعقيد Complexity: كل النماذج المعروفة للحياة هي معقدة بشكل مذهل. حتى النظم العضوية وحيدة الخلية مثل البكتيريا فهي تشتمل على أنشطة مزدحمة تتكون من ملايين المكونات. وجزئيًا فإن هذا التعقيد هو الذى يضمن عدم قابلية العضو للتنبؤ بخياراته. ومن الناحية الأخرى فإن الإعصار والمجرة هما معقدان بدورهما، والإعصار معروف بعدم إمكانية التنبؤ بسلوكه. والكثير من النظم الفيزيائية غير الحية هي من التعقيد بحيث يصعب التنبؤ بسلوكها، بل وحتى يمكن أن تكون فوضوية الطابع random.

التنظيم Organization: ربما ليس التعقيد في ذاته هو الذى له معنى فى الأمر. ولكن التعقيد المنظم. ومكونات أى نظام عضوى لا بد أن تتعاون مع بعضها البعض وإلا استداعى وظائف النظام ككيان متماسك. وعلى سبيل المثال فإن مجموعة من الشرايين والأوردة لا تكون نافعة وحدها من دون قلب يضخ فيها الدم. وزوج من السيقان لن يعرف تقدمًا فى الحركة لو أن كل ساق منهما تتحرك وحدها وفى اتجاه مغاير للأخرى. وحتى داخل الخلايا المستقلة فإن درجة التعاون مذهشة. فالجزيئات لا تجرى فى حياتها هكذا بشكل صدقوى، ولكنها تبدى نوعًا من أشكال المصانع أو خطوط الإنتاج داخل مصنع مع مستوى عال من التخصص: قسم للعمالة، وقسم يدير هذه العمالة لكى تتم عملية الإنشاء على وجه صحيح.

النمو والتطور Growth and development: النظم العضوية الحية المستقلة تنمو، والنظم المحاكية لها تميل إلى الانتشار (إذا كانت المشارطات صحيحة). ولكن كثيرًا من الأشياء غير الحية تنمو بدورها (البالورات، والصدأ، والسحب). هي سمة بارعة ورقيقة ولكنها تعطى معنى كخاصية للأشياء الحية،

وتُعامل على أنها مستوى للتطور. إن القصة المشهورة عن الحياة على الأرض هي واحدة من التكيف التدريجي الثوري، كنتيجة للتنوع والجدة. التنوع هو المفتاح. إنها إعادة النسخ متضمنة التنوع هي وحدها التي تقود إلى التطور الدارويني. وربما نعتبر أننا نقلب المسألة رأساً على عقب بأن نقول: إذا ظهرت بالطريقة التي وضعها دارون، فهي ستعيش.

احتواء المعلومات Information content: في السنوات الأخيرة ركز العلماء على المشابهة بين النظم العضوية الحية والكمبيوترات. إنها مسألة حاسمة أن المعلومات ستكون محل احتياج في إعادة نسخ نظام عضوي معتمدة على الجينات المنقولة من الآباء لكي يحققوا الإثمار أو نماء الذرية. وهكذا فإن الحياة هي تقنية معلوماتية مكتوبة بخط صغير. ولكن مرة أخرى فإن المعلومات على هذا النحو لن تكون كافية. ثمة معلومات اعتراضية تعنيها الأوراق الساقطة في الغابة، ولكن هذا لا يعنى شيئاً. لكي تكون المعلومات قيّمة في مجال وصف الحياة لا بد أن تكون معلومات لها معنى للنظام الذي يستقبلها: لا بد أن ثمة «كتاباً» معيناً. وبكلمات أخرى فلا بد أن تكون المعلومات متخصصة. ولكن من أين جاء هذا الكتاب؟ وكيف لهذا التخصص النافع أن ظهر عفويًا في الطبيعة؟

تشابك النظم المنظورة وغير المنظورة Hardware / Software
entanglement: كما سنرى فإن كل أنواع الحياة التي وُجدت على الأرض جاءت أرومتها أو نسبتها السلالية من صفقة مغلقة بين نوعين مختلفين في المستوى من الجزيئات: الأنوية الحمضية والبروتينات. وكل منهما يجبر الآخر ليس على مستوى الخواص الكيميائية فقط، وإنما يذهب العقد بينهما إلى ما هو أبعد من ذلك، إلى قلب ما تعنيه الحياة، أو ما نعنيه بالحياة. الأنوية الحمضية تقوم بتخزين ما يمكن أن نسميه «سوفت وير» الحياة (الجزء غير المنظور) بينما البروتينات هي «الشغيلة» الفعلية التي تنشئ ما يمكن تسميته «الهاردوير» (الجزء المنظور). وهذان المجالان الكيماويان يدعم كل منهما الآخر لأن هناك اتصالاً عالي

التخصص والتقنية عبر قناة تتوسط بينهما، من خلال شفرة مسماء «الشفرة الجينية» هذه الشفرة وقناة الاتصال تلك كليهما يطوران نتاجاً لهما، له تأثير تطوير السوفت وير والهاردوير للحياة بطريقة تثير الارتباك والتناقض.

الدوام والتغير Permanence and change: ومتناقضة أخرى للحياة تتعلق بالرابطة بين الدوام والتغير. هذه المتاهة القديمة أحياناً ما يشير إليها الفلاسفة لمشكلة كيف نصبح سماويين. إن وظيفة الجينات هي إعادة النسخ، أى أن تحفظ الرسالة الجينية. ولكن من دون تنوع، ومن دون تكيف، فسوف تروى الجينات فى النهاية: تكيف أو مت؟ وهو الأمر الداروينى. ولكن كيف يتواجد «الحفظ» و «التغير» فى نظام واحد؟ هذا التناقض يقع فى قلب البيولوجيا. الحياة تزدهر على الأرض بسبب التوتر الإبداعي الموجود بين هذين المطلبين المتصارعين، ولكننا نظل من دون فهم كامل لكيف تتم المباراة.

وسيكون واضحاً أن ليس ثمة إجابة سهلة للسؤال الذى طرحه شروندجر: ما الحياة؟ ليس ثمة تعريف بسيط أو خاصية بسيطة تميز بين الحى وغير الحى. ربما الأمر كذلك لأن العلماء يقدمون العالم الطبيعى كوحدة. وأى شىء يؤدى لوضع حد فارق بين الحى وغير الحى يخاطر بانحيازنا تجاه الاعتقاد بأن الحياة هى غموض أو سحر، أكثر منها منتسبة للطبيعية بالكامل. إنها خطأ كامل أن نسعى وراء خط فاصل بين النظم الحية والنظم غير الحية. حيث لا يمكنك أن تنزع الريش المرفط أو المزين لعنق الطائر ثم تعرفه بقلب الحياة غير القابل للإيقاص، مثل جزىء معين. ليس هناك شىء مثل الجزىء الحى، فقط نظام عمليات جزيئية يمكن أخذها بشكل جمعى، وهى التى يمكن وصفها بالحياة.

يمكننى تلخيص هذه الخصائص عن طريق الإقرار بأنه يبدو أن الحياة، وبشكل عام، تتعلق بعاملين حاسمين: الأيض وإعادة النسخ. ونستطيع أن نرى ذلك فى حياتنا نحن. لأن أهم أربعة أشياء أساسية يفعلها الكائن الحى هى: التنفس، والغذاء والشراب، والإخراج، والجنس. الثلاثة الأولى منها ضرورية للأيض

والأخير ضرورى لإعادة النسخ. ومن المشكوك فيه أن تجمعاً من الذوات لديها
أيض من دون إعادة نسخ أو لديها إعادة نسخ من دون أيض يمكن أن نصفه بالحياة
بالمعنى الكامل للكلمة.

قوة الحياة.. وملاحظات غير قابلة للتصديق

بهذه السمات المراوغة للحياة، فإنه لا يدهشنا أن يلجأ بعض الناس لتفسيرات
أو تأويلات ذات مصدر روحى أو صوفى لإيضاحها، ربما تم حشو أو انغرس فى
النظم العضوية نوع من الجواهر أو الخلاصة أو الروح التى بعثت فيها الحياة؟ إن
الاعتقاد بأن الحياة تتطلب جزءاً تم لها من شىء مفارق وراء وأكبر من أنها مادة
عادية تطيع على نحو عادى القوانين الفيزيائية، هذا المعتقد معروف باسم «المذهب
الحيوى» *vitalism* (*). إنه فكرة مضللة وذات تاريخ طويل. حيث اقترح الفيلسوف
الإغريقى أرسطو Aristotle أن ثمة خاصية سماها «قوة الحياة» أو «النفس» أو
«العقل» أو «الروح» *"Psyche"* هى التى وهبت النظم العضوية الحياة مميزاتها
الملحوظة، خاصة تلك المتعلقة بالسيطرة الذاتية والحركة الذاتية «روح» أرسطو
هذه تختلف عن «الروح» التى أشارت إليها المسيحية بعد ذلك والتى يشار إليها
بالمصطلح *Soul* كخاصية منفصلة ولها خصوصيتها. وبالطبع فى السمط الذى
اقترحه أرسطو فكل شىء فى الكون من المفترض أنه يشتمل على خواص تحدد
سلوكه. وكأثر لهذه الفكرة فقد نُظر إلى الكون كله كنظام عضوى.

وعبر القرون فقد عاد ظهور فكرة «قوة الحياة» هذه ولكن فى هياكل
مختلفة. ومن وقت لآخر تجرى محاولات لربط الفكرة مع بعض العناصر الخاصة
أو المتكلفة كالهواء مثلاً، وربما لم يكن هذا غير عقلانى، لأنه بعد كل شىء فإن

(*) ويقول المذهب الحيوى بأن الحياة مستمدة من مبدأ حيوى ولا تعتمد كلية على العمليات الفيزيوكيماوية
(المترجم).

التنفس يتوقف بالوفاة، كما أن التنفس الصناعى يمكنه أحياناً من تجديد بعض الوظائف الحيوية وإحيائها. ومؤخراً فقد أصبح الدم هو الجوهر أو المادة مانحة الحياة. وهذه الأساطير القديمة ما زالت باقية معنا من خلال تعبيرات مثل «الحياة المتنفسة» "breathing life" أو «نزع أو استنفاد دورة حياة الدم» "draining away the life blood" كما لو أن هناك أكثر من نوع من الدماء.

ومع تقدم الفهم لدى العلماء، أصبحت قوة الحياة مشتركة مع مفاهيم أكثر تميزاً. فقد جرت دعاوى إلى أنها قابلة للمساهمة مع مادة «الأثير» أو «الفلوجستون» "phlogiston" (*) أو "aether" وكليهما من الجواهر المتخيلة والتي أصبحت سيئة السمعة وغير قابلة للتصديق طبقاً لهذا المجرى من التفكير. وثمة فكرة ثانية كان لها شأو شعبي في القرن الثامن عشر، وتتلخص في تعريف قوة الحياة بالكهرباء. فى هذا الوقت كانت ظاهرة «الكهربية» غامضة بدرجة كافية لأن تخدم هدفاً كهذا الهدف، والتجارب الشهيرة لـ: فولتا Volta أبرزت أن الكهرباء يمكن أن تشد بقوة عضلات الضفدع. كما أن المعتقد بأن الكهرباء يمكن أن تعيد إحياء المادة، ثم استخدامه بطريقة دراماتيكية فى الرواية الشهيرة التى أبدعتها «مارى شيللى» Mary Shelley بعنوان «فرانكنشتاين» "Frankenstein"، والتى فيها الوحش - الذى تم تجميعه من أعضاء جثث الموتى - قد بُعث حياً عبر شرارة كبيرة من عاصفة رعدية. وفى أخريات القرن ١٩ حل النشاط الإشعاعى محل الكهرباء باعتباره آخر الظواهر الغامضة، وبالتالي جرت دعاوى بأن محلولاً من الجيلاتين، ربما تقطّر ومعه الحياة إذا عرض لانطلاقات إشعاع بللورات الراديوم.

تلك المحاولات الباكورة لتفسير قوة الحياة تبدو لنا اليوم كنوع من العتة أو السخف. ومع ذلك فإن افتراض أن الحياة تتطلب شيئاً إضافياً للقوى الفيزيائية

(*) وهى مادة كيميائية وهمية، وكان يُعتقد قبل اكتشاف الأوكسجين أنها من المقومات الأساسية للأجسام الملتبنة ومن هنا جاءت تسميتها «اللاهوب» (المترجم).

المعتادة، عاش جيدًا خلال القرن العشرين. ولمدة طويلة كان الظن أن الكيماويات التي تصنعها النظم العضوية تختلف عن باقي العمليات الكيماوية. وحتى اليوم فإن مسألة الكيمياء تنقسم إلى ما هو عضوى وما هو غير عضوى. وكان تطبيق ذلك يتمثل فى أن المواد العضوية مثل الكحول alcohol والفورمالين formaldehyde واليوريا urea بشكل أو آخر تحفظ الجوهر السحري للحياة، حتى عندما يتم فصلها عن أى نظام عضوى حى. وعلى سبيل المخالفة فالمواد غير العضوية مثل الملح العادى common salt فهو ميت مائة بالمائة.

وقد كان نوعًا من الصدمة عام ١٨٢٨ عندما حاول فريدريش وولر Friedrich Wohler، أن يصطنع اليوريا من سيانيد الأمونيوم ammonium cyanate، وهو مادة غير عضوية. خارقًا بذلك القانون الحائل بين ما هو عضوى وما هو غير عضوى، موضحًا، بذلك، أن الحياة نفسها ليست ضرورية كى تصنع مواد عضوية. داحضًا فكرة أن الكيماويات العضوية تختلف بحدّة عن غيرها. وسرعان ما انتهت فكرة الفصل هذه. وأصبحت مجموعة مألوفة من المبادئ ستحكم من الآن فصاعدًا عالم الكيمياء للأحياء وغير الأحياء معًا. والآن نحن نعلم أن الذرات تدور فى المحيط الحيوى إلى داخل وخارج النظم العضوية الحية طول الوقت. وكل ذرة كربون فى جسدك متكافئة تمامًا مع أى ذرة كربونية فى الهواء أو فى كومة من الطباشير. ليس ثمة سحر أو غموض فى نشاط يرى أن ذرات الكربون فى جسدك حية، أما الباقيات منها حولك تكون ميتة. ليس ثمة خاصية شبيهة الحى تتطلبها ذرة الكربون عندما تأكلها، وأن تكون غير حية حينما ترسلها خارجك عبر إحدى تنهيداتك.

وبالرغم من ضبابية وغموض التميّز بين كيماويات عضوية وأخرى غير عضوية، فقد عاش المبدأ الحيوى حيث عممه بعض الفلاسفة المعروفون جيدًا مثل «هنرى برجسون» Henri Bergson فى فرنسا. وفى الواقع قد دخل إلى مرحلة علمية مع أعمال إخصائى ألمانى فى علوم الأجنّة يدعى «هانز دريش»

"Hans Driesch" فى تسعينيات القرن ١٨. لقد كان دريش متأثراً بالطريقة التى يمكن فيها للجنين أن يكون متشوهاً فى مراحل نموه الباكرة، ومع ذلك يبقى ويشفى وينتج كائنًا حيًا صحيحًا وعاديًا. مثل هذه الملحوظة وغيرها من الخواص الملحوظة فى نمو الكائن الحى قادت دريش لاقتراح أن بروز الشكل الصحيح للكائن الحى، بكل تعقيداته التى يصعب تحليلها، يعنى أنه خاضع لسيطرة قوة حياة تقود العمليات والتى اصطلح لها المسمى: «إنتيليشى» "entelechy". كما أدرك أن تلك الخواص الأمرة لتلك القوة المسيطرة سوف تكون فى موضع التصارع مع القوى الفيزيائية العادية ومع قانون حفظ أو بقاء الطاقة. ولذلك اقترح أن «الإنتيليشى» تتصرف على نحو يؤثر على توقيت تفاعلات الجزيئات بطريقة تنتج نموذجاً له مرتبة أعلى ومتعاوناً.

ولو أن نمو الجنين ظل غير مفهوم كلياً، ولكن ما عرف عنه وعن النموذج التشكلى البيولوجى فى عمومه كان كافياً لإقناع البيولوجيين بأن الـ «إنتيليشى» أو أى وجه آخر للنظر فى مفهوم قوة الحياة، ليس من قبيل الضرورة التعقيدية. وهذا لم يمنع كثيراً من غير العلماء من التمسك بأفكار المبدأ الحيوى حتى اليوم. والمعتقدات فى ذلك تتراوح بين الظاهرة العلمية مثل صورة كيرليان Kirlian التى تظهر نوعاً من الإكليل أو الهالة تتوهج حول يد المرء والتى ترجع إلى وضعها فى مجال كهربائى قوى، إلى حتى الأفكار الصوفية الغامضة والجزئية أو غير الخجولة لـ «الين» "yin" و«اليانج» "Yang" عن الطاقة المتدفقة، والكارما Karmas، والشرارة التى تظهر منها فقط عند منح «الروح» Psychi. ولسوء الحظ بالنسبة للصوفيين فليس ثمة تجربة علمية مسيطر عليها، قد تم إجراؤها على نحو صحيح عن قوة الحياة وهى تعمل، ولا نحن فى حاجة لقوة تفسر ما الذى يجرى داخل كائن بيولوجى حى.

وسبب آخر لرفض الشروح الحيوية للحياة وهو أنها بالكامل تخص سلوكاً أو تكاد تكون منشأة كلية لهذا الغرض. ولو أن قوة الحياة تعبر عن نفسها فقط فى الأشياء الحية، فسوف تكون له قيمة تفسيرية ضعيفة وربما لا قيمة على الإطلاق.

ولكى نجعل هذه النقطة واضحة، دعنى استخدم تشابه آلة بخارية قادرة على الحركة. فإذا سألت ما هى هذه الآلة وكيف تعمل، فإن أى مهندس يمكن أن يعطيك إجابة تفصيلية عن هذا السؤال. يمكنه أن يخبرك عن الصمامات والنقاط المتحكممة وضغط البخار وقواعد الديناميكا الحرارية فى مجال الإحراق. ويمكنه أن يرشدك إلى أضرار الحركة التى تؤدى إلى حركة العجلات. ويمكنه أيضًا أن يشرح لك شموع الاحتراق وكيف تعطى وميضًا يؤدى إلى قذف شعلة ودخان دافع للحركة.

والآن لا بد أن يكون موضوعًا أن تقديرات المهندس ولو تفصيلية وكاملة، تظل بعيدة عن خلاصة الآلة، الشيء الذى يمنح مجرد كمية كبيرة متصلة من الأجزاء المعدنية هذه القوة المثيرة، «صاحبة الجلالة»، الحركة المتوافقة الأنيقة، معنى الحضور الذى يجعل المرء يتشارك مع آلة متحركة بخارية. وهكذا هل علينا أن نفترض ذلك أنه بالإضافة لأنها تَجْمَع من محتويات معدنية، فإن الآلة يجب شحنها بهذا المَوْجَه **traininess** الذى يجعلها آلة حقيقية؟

بالطبع الأمر عبثى. أين نجد هذا المَوْجَه أكثر مما نجده فى قطار؟ الآلة البخارية ببساطة هى مجموعة القطع والأجزاء المكونة لها ومرتبطة بالطريقة التى هى عليها وليس هنا شيء إضافى تتضمنه ولا ذاك المَوْجَه، الذى يمكن أن يضيفه الصانع ليَجْعَل من الآلة شيئًا حيًا من أجل الغرض الذى قُصِدَ بها. وبالمثل فإن السعى لفهم أصل الحياة، يحدو بالعلماء للنظر إلى العمليات العادية التى تقوم بها الجزيئات لكى يفسروا ما يحدث، وليس من أجل «قوة حياة» خارجية يمكن أن يحيى مادة ميتة. والذى يجعل الحياة مهمة هكذا، وما يميز الحى من غير الحى، ليس هو مما يتألف الكائن الحى، ولكن كيف تجمعت هذه الأجزاء وتعمل مع بعضها ككل.

وبالرغم من الحقيقة القائلة بأن المبدأ الحيوى أصبح سيئ السمعة وغير قابل للتصديق به. فإن أصل الفكرة يظل صحيحًا. ليس هناك شيء مادى، أو أى شيء داخل الكائن الحى، شيء فريد وحرّقى وحيوى للعملية المنوط بها. ليست خلاصة

أو قوة أو ذرة لها حيوية. هذا الشيء الزائد هو نوع معين من المعلومات، أو باستخدام الرطانة الحديثة «سوفت وير» أو غير المنظور.

قصة الجزء القديم (الأول):

فى داخل كل واحد منا تكمن رسالة. وهذه الرسالة موصوفة فى شفرة قديمة، وفقدت بداياتها فى ضباب الزمن. وشفرة الرسالة هذه تحتوى على تعليمات لكيف يُصنع الكائن البشرى. ولا أحد كتب هذه الشفرة ولا أحد اخترعها. لقد أتت للوجود بشكل عفوى وتلقائى. وكانت التى قامت بالتصميم هى «الطبيعة الأم» ذاتها، وهى تعمل داخل قوانينها الثابتة، كاتبة بحروف استهلاكية كبيرة على التقلبات الصدفوية الصعبة. والرسالة ليست مكتوبة بالحروف أو الحبر ولكن فى الذرات المرتبطة معاً يجمعها ترتيب تعاونى متعاقب لتشكيل ما يعرف بالرمز (دنا) DNA، وهى الحروف الأولى للمصطلح Deoxyribo Nucleic Acid، وتعى الحامض الريبوى الذرى الكنزوع الأكسجين، إنها أغرب جزئى على الأرض.

الدنا البشرى يحتوى على عدة بلايين من الذرات مترابطة مع بعضها فى شكل مميز فى زوجين من الخطوط المضفرة. هذا الشكل الشهير اللولبى المزدوج سوف يتحول إلى حزمة ذات شكل النفاى. وإذا قمت بفرد الدنا فى ذرة واحدة من جسدك فسوف تصنع خيطاً بطول مترين. هذه جزيئات كبيرة بالطبع!

ومع أن الدنا هو مُنشأ مادى، فهو محمل بالعديد من المعانى. إذ إن ترتيب الذرات فى هذا الخيط الحلزونى من الدنا سوف يقرر كيف سيبدو شكلك، وإلى درجة ما كيف تتصرف وكيف سيكون شعورك. الدنا ليس أكثر من «الطبعة الزرقاء» (الطبعة المبدئية قبل النهائية)، وبطريقة أكثر دقة هو نوع من الجبر أو التعليمات اليدوية لبناء كائن حى متنفس ومفكر.

ونحن نشارك مع كل أشكال الحياة على الأرض في هذا الجزىء السحري. من الفطر إلى الحشرات الطائرة ومن الباكثيريا حتى الدببة، للكائنات العضوية منحوتة طبقاً لتعليمات الدنا الخاصة بها. وفي كل شخص منا فإن الدنا تختلف عما هي فى أى شخص آخر على الأرض (فيما عدا التوائم المتطابقة)، وتختلف أكثر بالنسبة لأنواع الكائنات الأخرى، ولكن البناء الرئيسى والبنية الكيميائية والتصميم الحزوني المزوج، كل ذلك عالمي السمة أى يشترك فيه الكل.

الدنا قديم بشكل لا يصدق وغير متخيل. لقد تواجد تقريباً منذ ٣,٥ بليون من السنين. بحيث يجعل من عبارة «قديم قلم التلال» وكأنها بلا معنى. الدنا كان موجوداً قبل أى تَلٍّ على الأرض. ولا أحد يعرف كيف وأين تشكل أول جزىء دنا. وبعض العلماء حدسوا أنه ربما كان غَازِيًا من الفضاء، جزىء قادم من المريخ ربما، أو من مذهب هائم. ولكن على الرغم من تواجد أول حبل من الدنا فإن الدنا خاصتنا وكأقرب احتمال ينحدر مباشرة من هذا السلف - هذا والخاصية التى تبتعد بالدنا عن أى جزيئات كبيرة أخرى فى الكائن الحى، وهى خاصية حاسمة وأعنى بها قابليته لإعادة نسخ نفسه. ولكن الدنا يعيش عملية صنع مزيد من الدنا، أجيالاً بعد أجيال، وتعليمات نٌليها تعليمات، منظماً شللاً عبر العصور أو سلسلة لا تنقطع من النسخ بدءاً من الميكروبات ووصولاً إلى الإنسان.

نسخ مثل هذا الشيء فقط من ذات النوع. والنسخ التام من الدنا سوف يقود إلى كوكب مغمور كلية أو إلى أقصاه Knee-deep من كيانات عضوية وحيدة الخلية المتطابقة. ومع ذلك فليس ثمة نسخ يمكن الاعتماد عليه كلية. إن طابع النسخ الآلى قد يوجد بعض النقاط الشاردة فى النسخة، كما أن خطأً تليفونياً يتسم بالتشويش قد يشوه عملية نقل رسالة، وكمبيوتر به خلل ما قد يفسد قائمة معلومات عند نقلها من الأسطوانة الصلبة إلى أسطوانة صغيرة floppy وعندما تقع أخطاء فى عملية إعادة نسخ الدنا لذاته، فيمكن أن تظهر هذه الأخطاء فى شكل تحول أو تغير مهم فى الكائن العضوى الوارث. فى الغالب يكون التحول مدمراً، مثل كلمة

عشوائية يمكن أن تتسبب في تشويه عبارة جملة أو قصيدة قصيرة لـ: «شكسبير» "Shakespeare". ولكن مصادفة، و فقط بالمصادفة، ربما ينتج خطأ ما نتيجة إيجابية ونافعة، مانحاً ميزة للمتحول. وإذا كانت الميزة حافظة للحياة، وتمكن الكائن العضوى من إعادة إنتاج نفسه بكفاءة، فإن الجزء المعطوب من الدنا لن يعيد نسخ نفسه وسيصبح المنسوخ الجديد سائداً. وعلى سبيل الحديث لا أكثر إذا كان الخطأ المنسوخ قد صادف كائناً ذا إمكانية تكيف ضئيلة فإن قيد التحول هنا ربما يزول بعد أجيال قليلة ملاشياً هذا التنوع المعين أو فرع الدنا هذا.

هذه العمليات البسيطة من إعادة النسخ، والتنوع والاستبعاد هى نفسها أساسيات المنظور الداروينى. والانتخاب الطبيعى - التمييز الدائم للمتحوّلين طبقاً للياقتهم - يعمل مثل ترس السقطة يحافظ على الأخطاء التى تمثل مميزات ومقصداً تلك التى تعتبر سيئات. ابتداءً من دنا بعض أسلافنا البدائيين «الميكروب» فإنه قطعة بعد قطعة، وخطأ بعد خطأ فإن طول التعليمات المترابطة لبناء كائن أكثر تعقيداً أصبحت فى متناول الإنشاء.

يجد بعض الناس غضاضة فى ابتلاع هذه الفكرة: أن كتيّناً للتعليمات يكتب نفسه بمجرد مراكمة أخطاء نشأت بالمصادفة ولذا دعنى أعيد مناقشة الموضوع مرة أخرى، مستخدماً القليل من المجاز أو الاستعارة فكّرْ فى المعلومات المتوافرة لدى الدنا، كأنها سيمفونية كبيرة بالطبع وجبارة بشكل استثنائى كمقطوعة أوركسترالية تضم مئات العازفين يعزفون آلاف «النوتات». وبالمقارنة فإن دنا السلف القديم ليس إلا مقطوعة موسيقية صغيرة Melody فكيف لهذا اللحن الصغير أن ينقلب إلى سيمفونية؟

افترض أنه طُلب من أحد الناسخين أن يكرر نسخ اللحن الأساسى كخط بداية لقطعة موسيقية. ولكن فى إحدى المرات تتحول النغمة «دو» إلى النغمة «رى». إن مجرد انسياب ضئيل للقلم قد ينتج تغيراً طفيفاً فى درجة السرعة أو الحركة أو يجعله فى مستوى معين. بالصفة فإن خطأ أكثر جدية يؤدى إلى خلل كبير فى النوع. جزء

كامل من النوع يتم عزله أو إقصاؤه أو يتم تكراره ربما. أغلب هذا النوع من الأخطاء يفسد توازن الهارمونية (تلاؤم الألحان مع بعضها البعض) حتى إن الهدف المطلوب لا يبقى مستخدماً. ولا أحد سيرغب فى الاستماع للمعزوفة الموسيقية. ولكن بالمصادفة أيضاً فإن الانسياب الصغير من القلم قد يضيف لحناً متخيلاً جديداً جميل السمى، أو إضافة ناجحة أو تغييراً حميداً، بمجرد المصادفة. ستتحسن النغمة وستصبح مقبولة ومصدقاً عليها فى المستقبل. والآن تخيل أن هذه العملية من التحسن والمدروسة جيداً، استمرت على مدى تريليونات العمليات من إعادة النسخ. ببطء ولكن تأكيداً فإن النغمة سوف تتطلب سمات جديدة، مطورة بناءً لحنياً أثرياً متحولة إلى سوناتا وبعدها إلى كونشرتو وحتى متطورة إلى سيمفونية.

النقطة الحاسمة فى هذا المجاز، والتي لا يمكن الضغط عليها بشدة، هى أن السيمفونية تأتي للوجود دون أن تكون لدى الناسخ أى فكرة معرفية ولو بسيطة بالموسيقى أو حتى كانت خارج مجال اهتمامه. ربما يكون الناسخ أصم منذ ميلاده ولا يعلم شيئاً أبداً كان عن الألحان. وهذا لا يهم، لأن وظيفة الناسخ لا تتعلق بالتأليف الموسيقى ولكن تتلخص فى نسخها فقط. والذي لم يكن المجاز صائباً بشأنه أو فيه هو عملية الاختيار. باعتبار أنه لا يوجد موسيقى عالمي يُدقق فى هدف الحياة أو يقوم بإزائها بعملية اختبار للجودة. هناك فقط الطبيعة حادة الأسنان والمخالب مؤطّفة لقانون بسيط ولكنه ناشب مخالفه: إذا كان يعمل بفاعلية احتفظ به، وإذا لم يكن كذلك اقتله.

و«يعمل» هنا تُعرف بمقياس وحيد فقط، هو «إعادة النسخ» بكفاءة. وإذا نتج الخطأ فى مزيد من النسخ التى صنعت، فهو بالتعريف، ودون أى اعتبارات أخرى، «يعمل»، أى لو أن «أ» نسخت «ب» ولو بأبسط هامش، فإنه مع تعاقب الأجيال سوف يكون هناك الكثير من «أ» بأكثر من أعداد «ب» ولو حدث أن «أ» و«ب» تزاخما إلى حد التنافس على المساحة التى يحتلها كل منهما، فعما قليل سوف تقصى «أ» «ب» كلية. أى تبقى «أ» حية، بينما تموت «ب».

الداروينية تعتبر المبدأ المركزى، الذى يدور حوله فهمنا لكيف تتبنى البيولوجيا. إنها تقدم لنا تفسيراً اقتصادياً قصيراً وبلا تَزِيدُ عن كيف لرسالة جينية نسبية أن تجتهد وتتقن تعاليمها عبر العصور والدهور لتنتشى جزيئات الدنا المعقدة لدرجة إنتاجها إنساناً. ما دام كتاب التعليمات: الدنا «البشير»، قد تواجد فى المقام الأول، إذن فإن الأخطاء العشوائية والاختيار ربما يكونان قادرين على إبرازها أو ظهورها. الجينات الجيدة تبقى والجينات السيئة تُستبعد. وفيما بعد، سوف أناقش مدى وفاء هذا التفسير الصارم للمطلوب. ولكن الآن فأنا مهتم بنقطة البداية هذه. ومن الواضح أن التطور الداروينى يمكنه أن يعمل فقط عند تواجد نوع ما من الحياة (بصريح العبارة فهو لا يتطلب الحياة بكامل مجدها وزهوها باعتبارها إعادة نسخ وتَنَوُّع واختيار). الداروينية لا تقدم لنا أى مساعدة فى مجال شرح الخطوة الأولى المهمة: أصل الحياة. ولكن المبدأ المحورى فى الحياة يفشل فى تفسير أصل الحياة. لقد تركنا مع معضلة. ما هو المبدأ الآخر أو المبادئ التى تشرح لنا كيف بدأت؟

لحل هذه المشكلة لا بد أن نسعى إلى «مفاتيح» - أين نبحث عن هذه المفاتيح عن أصل الحياة؟ من أحسن الأماكن التى يمكن البدء بها هو أن نسأل أين بدأت الحياة ذاتها. فإذا ما اكتشفنا المكان الذى بدأت فيه الحياة ربما نكون قادرين على تخمين الظروف الفيزيائية التى صاحبت البداية. وبعدها نشرع فى دراسة العمليات الكيميائية التى حدثت فى ظل تلك الظروف، وأن نبنى صورة للمرحلة قبل العضوية قطعة بعد قطعة.

الميكروبات والبحث عن جنة عدن:

عندما كنت شاباً يافعاً كنت مُجبِراً على الالتحاق بما يعرف بـ «مدارس الأحد» والذى كان يمثل لى نوعاً من التعذيب الذى كرهته. والذكرى الإيجابية

الوحيدة الباقية لى من هذه التجربة، هى تصفح كتاب مصور يصف حدائق عدن Garden of Eden. وكانت الصورة الفاتنة التى تأخذ باللب تُعَبِّر عن مساحة من الأرض منظمة حيث تظل الشمس مشرقة نوماً، والحيوانات المجلوبة تزار دون خوف، حيث إنهم جميعاً نباتيون. وكانت تمثل مفارقة قياس بينها وبين حى لندنى إنجليزى كئيب. ومن المحزن أن جنة الكتاب المقدس تحولت لدائ إلى أسطورة. ولم يزل هناك مكان، حيث عاشت فيه الكائنات الباكرة. نوع من «عدن» العلمية. أين يقع هذا المكان؟

أنا أكتب هذا الفصل فى يوم ربيعى، فيه وابل من المطر يسقط على تلال «أدليد» Adelaide. أمطار الشتاء قد حولت المشهد الريفى إلى اللون الأخضر. إلى حيث أوجّة بصرى أجد غطاءً عاليًا من الأشجار العملاقة فوق شجيرات صغيرة وافرة وكثيفة، وثمة أشجار أصغر وحشائش تملأ المكان. وأيضًا ثمة عصفافير تنقض من الأعلى وتتوهج ألوانها الزاهية وهى تنتقل عبر أفنان الشجر وتختفى تحت أوراق الشجر المتساقطة على الأرض، الثعابين والسحالي والعناكب والحشرات. وهناك أيضًا أرانب وبوسمات possums (الحيوان المتماوت) وفئران وقناذف النمل echidnas، وأيضًا الحيوانات مثل الكاولا Koala والكانجرو Kangaroo. حتى فى هذا الريف الجاف تبدو الحياة رائعة وملينة بالحيوية.

التنوع المحض فى الأشياء الحية قد بعث السرور عند الناس على مدى آلاف السنين، ولكنها أصبحت محل مقارنة بعد اختراع المايكروسكوب، حيث تم كشف التقسيم الحقيقى فى الحياة على الأرض. حتى بالنسبة للطبيعيين المندهشين للثراء البيولوجى فى غابة مطيرة أو من حيد صخرى من المرجان. تظل هناك وفرة قابعة غير مرئية حولهم. وهو مجال الكائنات العضوية المجهرية، الكائنات وحيدة الخلية ذات الحجم الذرى والتى تسكن تقريبًا، كل ركن أو زاوية متاحة أو أى صدع أو شق على هذا الكوكب. والتى طويلاً ما تم استبعادها كمجرد جراثيم فقد أصبح معروفًا الآن أن الميكروبات تسيطر وتحكم شجرة الحياة. ويمكنك أن

تذهب إلى حديقتك الخلفية كما يقول جون هولت **John Holt** من جامعة ولاية ميتشجان^(٤)، ولو فعلاً ركزت عليها عقلياً، فسوف تعثر على آلاف الأنواع الجديدة في وقت ليس بالكثير. وثمة توقف هنا لإبداء تعليق يبدو شديد المبالغة: يشتمل ملء ملحقة من التربة الجيدة على نحو عشرة تريليونات من الباكثيريا، والتي تمثل عشرة آلاف نوع مختلف! وعلى الجملة فإن كتلة الكائنات الماكروية على الأرض يمكن أن تكون كبيرة، لدرجة أن وزنها يبلغ مائة تريليون طن، أكثر من وزن كل الحياة المنظورة على الأرض لو تم تجميعها معاً.

ويجب أن تكون متأكداً، أن التأثيرات الفيزيائية التي تسببت فيها الكائنات العضوية الماكروية هي عادة تأثيرات منظورة: عبر الأمراض الناجمة عن التلوث، ومن خلال تخمر الكحول، وانحلال أو تفسخ الطعام، وتلك مجرد أمثلة. وحتى مع ذلك، فإنها دوماً ما يُستخف بها أو يُبخس قدرها بمعرفة البشر، ربما لأنها صغيرة جداً عنا. ويعتقد «ستيفن جاي جولد» **Stephen Jay Gould** أن علينا أن نخفف من هذه الشوفينية **Chauvinism**، بأن نطلق على العصر الحالي: «عصر الباكثيريا» بحيث يشتمل تعداد هذه الكائنات الرفيعة القوام حقيقية على ما يفوق، بل يكاد يسحق كل تعداد النسمات والأنواع الأخرى^(٥). وبالمقارنة فإن الكائنات العضوية المعروف بأنها أعلى مستوى، مثل البشر والكلاب وزهور الربيع، تشغل مجرد أفرع بعيدة عن مركز شجرة الحياة.

والحجم ليس وحده السبب في أننا لا نلقى نظرة فاحصة على الميكروبات. وإنما لأنه ليس سهلاً زرعها في المعامل، بينما هناك الكثير منها في البراري، ولكن في حالة قصور ذاتي، وليس على الأسطح الخارجية لتلك البراري، وأيضاً فإن كثيراً من أنواع الباكثيريا المختلفة تبدو وكأنها متطابقة على نحو مخادع، وليس قبل مؤخرًا أن استطاع علماء الميكروبيولوجيا أن يمسكوا بها في مجموعات كطريقة لتصنيفهم. والآن مع التقنيات القوية في عالم الجزيئات وتعاقبها، فإن اختلاف الأرومة قد تم الكشف عنه: والباكثيريا التي تبدو متشابهة تحت المجهر، ربما تتحول للمشاركة مع أرومات قليلة بأكثر مما تفعل مع الإنسان.

وقد أشار جولد بوضوح إلى أن عصر الباكثيريا، عصر دائم، لأن معظم دورات الحياة التي وجدت فوق الأرض لم يكن فيها إلا الميكروبات. هذا التصريح المتسم بالرزانة، يمثل فرصة رغم هذه السمة. لأن بداية الحياة بالميكروبات يتيح لنا توقع العثور على مفاتيح مهمة عن أصل الحياة بدراسة الأمثلة الحية منها. والأمل في أن البعض منها سوف يحتوى على رفات باقية فيه من الماضى البعيد فى شكل تكوين غير عادى. وأثار من العمليات البيوكيماوية، ربما تكون باقية عبر سمات فائضة، المعادل الميكروبى للزائدة الدودية البشرية. وحتى إنه من الممكن أن تكون الميكروبات الحية حاملة جزيئات فائضة من العالم قبل البيولوجى.

وبوضع قطع أو شرائح المعلومات من الميكروبات الحية مع بعضها البعض، فمن الممكن أن تظهر لنا كيف كانت تشبه الكائنات الحية من أسلافنا، وأن نخمن أين وكيف كانت تعيش. ولسوء الحظ أنك لا تستطيع بمجرد النظر أن ترى كيف كان تاريخ تطور الكائنات الحية الماكروية. إذ إن لها سمات تشريحية قليلة يمكن تصنيفها من خلالها. لا أذرع ولا سيقان، لا خياشيم ولا رئات، لا عيون أو آذان يمكن أن تعرض نفسها علينا لعقد المقارنات، وكما سأشرح فيما بعد الدليل الذى يربط بين الميكروبات وأسلافهم القدامى، والذى يكمن بقوة فى تركيبها الجينى البيوكيماوى، والطرق الأفضية التى تستخدمها. ولحسن الحظ فإن تقنيات البيولوجيا الجزيئية الحديثة تسمح بالفحص الدقيق لمثل هذا الدليل. مثل نفايات فى كتاب شبه منسى من لفائف الورق، فإن هذا الاختبار لهذا الدليل الجزئى قد تم محوه جزئياً بسبب عوامل التعرية أو التلف الذى يحدثه تعاقب الزمن، ولكنه يقدم لنا لمحات مغرية عن تطور وقع فى الماضى الممتد لما يقرب من أربعة بلايين من السنين.

وبوجود المعرفة بأن هناك العديد من أنواع الميكروبات، فأين يجب أن يتركز بحثنا عن المفاتيح الجزيئية؟ اليوم فإن ثمة باكتيريا مفعمة بالحوية أو ناشطة ومركبة من تأليف من التمثيل الضوئى **photosynthesizing**، وهذه هى التى يجب أن نلاحظها، ولكن منذ أكثر من بليونين من السنين، لم يكن ثمة أكسجين، وإنما كان

موجودًا بدرجة قليلة على الأرض ومع ذلك ازدهرت الميكروبات في شكل تنوع سكاني، مُخَمَّرة الكحول ومنتجة للميثان **methane**، ومقللة من الكبريتات **sulphate**. هذا وقد احتفظت بعض الميكروبات على مستوى معيشتها القديم حتى اليوم. وهذه بالذات هي أكثرها إمكانية لتقديم مفاتيح للأشكال القديمة للحياة. والتي تقترح فكرة مخادعة أو مضللة، افترض أنه باقية للآن كوة أو بيئة ما مظلمة، مكان غريب دخيل بحيث تتشابه شروطه مع كويكب واحد من آلاف الأجرام السيارة، التي تجرى بين المريخ والمشتري، والذي يقذف بالحمم باستمرار، والمغطى بالغازات والذي يغلي كجهم - ذاك هو كوكب الأرض في حالته البدائية؟ وإذا نظرنا بعناية، فربما نعثر على رفاة كائنات عضوية كانت تعيش هناك، ميكروبات ربما تغيرت قليلاً منذ فجر بزوغ الحياة.

هل هذا ممكن؟ هل يمكن وجود مكان كهذا؟ الإجابة هي نعم هذا ممكن، ونعم يوجد مكان كهذا، وموقعه يثير الدهشة بقدر ما هو مظلّم. هناك في أعماق البحر البعيدة، على الأرضية المظلمة للمحيطات، بعض الأماكن، حيث تتمدد قشرة الأرض وتتمزق، مدفوعة بتأثير القوى الحرارية في العمق البعيد للأرض. والطبقة الصخرية لقاع البحر تتحول باستمرار من مكان لمكان، وتجهد نفسها عبر تمزقها، محدثة صدوعاً وشقوقاً. وهنا وهناك في وسط المحيط سلسلة جبال وتلال مكونة، أو تكون موضعا للصخور المنصهرة المدفوعة للمياه المتجمدة فوقها والحمم المترسبة في قعر المحيط، تنكمش وتقطق أثناء تصدعها في حال تعرضها للبرودة، منشئة ما يشبه النسيج الخلوي من الصدوع والأنفاق التي تمر عبرها المياه بتأثير تيارات الحمل الحراري مذبذبة المعادن في هذه العملية. وعند هذه الفتحات «تنقياً» الأرض من ذلك الحين وبعده تيار من السائل اللاصق، «متبل» بالكيمائيات بشكل حر، إن قسوة وضراوة هذا السائل اللاصق في مواجهته مع مياه البحر الباردة ينشئ مركزاً للجسيم الحراري والكيمائي.

ويبدو مستحيلًا أن نتخيل أن ثمة أى شكل من أشكال الحياة، يمكن أن يحيا فى ظل هذه المشاركات الخشنة، التى يمكن اعتبارها من بقايا «الجحيم» Hades، أكثر منها بقايا الجنة أو «حدائق عدن» Garden of Eden. ولكن من المدهش، فإن هذه الفتحات البركانية فى المحيطات تمثل وطنًا لتنوع ثرى من الميكروبات بعضها يعتبر آثارًا من البيولوجيا القديمة. هنا فى ظلمة الأعماق البركانية يقيم أقرب النظم العضوية، التى نعرف أنها أول كائنات عاشت على الأرض. وفى الفصول القادمة، سوف أصف كيف كانت الاكتشافات المروعة لحشرات فائقة الحجم، تنمو تحت سطح البحر وتحت سطح الأرض، والتى غيرت تفكيرنا عن أصل الحياة وإمكانية الحياة فوق المريخ وفى أى مكان آخر.

ولكن مبدئيًا يجب أن أشرح القليل حول المبادئ الرئيسية للكيمياء الحيوية. وبصفة خاصة فيما يتعلق بقوانين الديناميكا الحرارية.

الهوامش

- (١) المصادفة والضرورة Chance and Necessity لـ: جاك مونود Jacques Monod .
- (trans. A. Wainhouse, Collins London 1972, p. 167).
- (٢) الحياة ذاتها: طبيعتها وأصلها Life itself: Its Nature and Origin لـ: فرانسيس كريك Francis Crick .
- (Simon & Schuster, New York 1981, p. 88).
- (٣) يورو: يورو Yorro Yorro لـ: دافيد موالجارلاي وجوتا مالنيك David Mowaljarlai and Jutta Malnic .
- (Magabala Books, Broome, Western Australia 1993, Chapter 23).
- (٤) نظرية السلالة العامة Common descent كانت قد اقترحها بالفعل جد تشارلز دارون إراسموس دارون Erasmus Darwin في علم الحيوان أو قوانين الحياة العضوية.
- (London 1794) Zoonamia or the Law of Organic Life .
- (٥) العلماء للجدد New Scientist (10 Februry 1996, p. 26).
- (٦) جلال الحياة Life's Grandeur لـ: ستيفن جاي جولد Stephen Jay Gould .
- (Jonathan Cape, Lodnon 1996, Chapter 14) وسأعود إلى هذا الموضوع في الفصل العاشر .

الفصل الثانى

عكس اتجاه المد

«عندما نرحل نترك خلفنا آثار أقدام فى رمال الزمن»

هـ. دبليو. لونجفيلو^(١).

H.W. Longfellow

فى أيام طفولتى، كانت رحلاتى لشاطئ البحر تمثل لى مناسبات لها وزنها. وأكثر ذكرياتى الحية عن هذه الرحلات إلى جانب نباتات وطحالب البحر وأسماك «الجيلى فش» وساعات الغروب والشروق فوق المحيط. أذكر جيدًا دهشتى الصادمة من مشاهدتى لعدة تقوب صغيرة (حفر) فى الرمال الناعمة للشاطئ يتركها المد وراءه بعد تراجعها. وهذه الحفر مزينة بركام من الرمل يلتف حولها فى شكل «نقائق» (سجق) رفيع تتفرد حوافه للخارج من استدارته تدريجيًا إلى أن يتساوى مع السطح، أشبه بمعجون الأسنان، عندما تضغط على الأنبوبة ليخرج إلى الفرشاة. وكان ما عجبت له هو سبب هذه التشكلات المميزة الغريبة؟ لم أشهد واحدًا منها خلال عملية نشوئه، ودائمًا ما يتم محوها بالمياه أثناء عودة المد تمامًا مثل آثار أقدامى فى الرمل بذات الموقع.

أعلم الآن أن هذه الفجوات وحوافها من الرمل المتراكم شبيه «السجق»، هى من صنع ديدان صغيرة رفيعة والتي تحفر تحت السطح طاردة الفضلات من الرمل المحفور إلى خارج الحفرة، ولكننى مازلت مرتبكا إزاء كيفية تشكيلها تلك الحواف حول الحفر. دع عنك ذلك فالأهم

أننى تشككت - حتى فى هذه السن الصغيرة - حول أن تكون هذه الكائنات الحية الصغيرة هى المسئولة عن ذلك، وثمة نماذج عديدة فى الطبيعة لم تظهر لها أنشطة مثل أنشطة الكائنات الحية. بالطبع فعلى نفس الرمل الذى شاهدت فيه الحفر وحوافها، توجد صفوف مستقيمة من ارتفاعات ناتئة، صنعتها أمواج البحر المترقرة على الرمال فى مجيئها إليه وغدوها عنه، ولكن يظل خط المعجون على فرشاة الأسنان شيئاً مُخترعاً أو نوعاً من إيجاد حيلة للأمر سواء بالنسبة للمعجون أو الفرشاة، بل هما أكثر من ذلك، معقدان للغاية بالنسبة لعمل يصدر عن قوى غير حية وعمياء. فإن تدفق الموج يحطم ويزيل تلك الحواف الصغيرة، كما لم أعتقد أن الأمواج هى التى تنشئها.

واحدة من الطرق الرئيسية التى تميز بها الحياة ذاتها عن بقية الطبيعة، تتمثل فى قابليتها الملحوظة فى أن تمضى «ضد اتجاه المد» (المثال السابق يعد حرفياً فى هذه الحالة) وفى صنع النظام من الفوضى. وفى المقابل تتباين الأشياء غير الحية فى أنها تنتج اللا نظام. وفى الواقع فإن ثمة قانوناً رئيسياً هو الذى يعمل فى هذه الحالة، يسمى القانون الثانى للديناميكا الحرارية. ولفهم كيف بدأت الحياة، فإننا نحتاج فى البداية إلى: كيف تتوافق الحياة مع هوى أو محدلات هذا القانون.

مبدأ الفساد أو التفسخ:

أشرت فى الفصل السابق إلى أن الخلايا الحية تشبه من بعض الجوانب الآلة الصغيرة. كل الآلات تحتاج لكى تعمل إلى وقود. الحيوانات تأكل من أجل الوقود، بينما تعتمد النباتات فى وقودها، بهذا المعنى، إلى قوى الشمس. ومما لا يمكن تجنبه أو الإفلات منه كنتيجة ثانوية لذلك، هو استهلاك هذا الوقود فى شكل حرارة.

وهذا مألوف جدًا بالنسبة لأجسادنا، فالكائنات الحية تظل دافئة، بسبب الحرارة المفقودة أو المبددة من عملية استهلاك الغذاء (الوقود)، والحرارة هذه شكل من أشكال الطاقة ويمكنها أن تقود التغيرات الفيزيائية والكيميائية، وفي القرن التاسع عشر كان العلماء والمهندسون حريصين على فهم العلاقة المتبادلة بين الحرارة والشكل وبعض التفاعلات الكيماوية، مما ساعدهم على تصميم آلات بخارية أكثر كفاءة، ومزايا أخرى. ونتيجة واحدة من هذه البحوث كانت اكتشاف قوانين الديناميكا الحرارية. ومن بينها القانون الثانى، وصلته الوثيقة بطبيعة الحياة.

ومن ناحية الجوهر فإن هذا القانون يمنع إنشاء آلة مثالية بمعنى أن أداءها له صفة الدوام. وهو يقول لنا إن كل العمليات الفيزيائية الكبيرة تقل عن مائة فى المائة بالنسبة لكفاءتها. هناك فاقد لا يمكن تجنبه وانهلال أو فساد. ولننظر إلى آلة بخارية على سبيل المثال، فإنها لا تستفيد من كل الطاقة المحررة من الفحم المحترق، كثير من الحرارة الخارجة من الغلاية ينتشر منفرداً، بلا فائدة فى البيئة المحيطة، جزء من طاقة الحركة يتم فقده نتيجة احتكاك الأجزاء المتحركة من الآلة. إن أحسن وسيلة لتحديد سمات هذا الفقد بمصطلحات «النظام» و «اللا نظام» أو الطاقة «النافعة» و «غير النافعة». حركة الآلة البخارية فى اتجاهها على الخط المطلوب منها، يعتبر طاقة «نافعة» أو «مفيدة»، بينما الحرارة المفقودة والمنشعبة فى الأرجاء هى من قبيل «اللا نظام» والطاقة «غير النافعة». والحرارة كطاقة اللا نظام ترجع إلى الحركة المشتتة أو المنتشرة بلا نظام للجزيئات، إنها غير مفيدة بسبب فوضى توزيعها، والقانون الثانى ذاك يقول بأن هذا الفقد لا يمكن تجنبه ولا يمكن إلغاؤه أو تغيير اتجاهه من «النظام» إلى الشكل «اللا نظامى» للطاقة ومن دون المد بالوقود، أو الطاقة المفيدة لأن الآلة المتحركة سرعان ما تلهث وترفر الزفرة الأخيرة، ثم التوقف التام.

والقانون الثانى للديناميكا الحرارية ليس مختصاً فقط بالهندسة. إنه قانون تأسيسى فى الطبيعة ولا مهرب منه. وقد أكد الفلكى الإنجليزى سير أرثر إدينجتون

Sir Arthur Eddington أنه يحتل المرتبة العليا بين قوانين الطبيعة، حيث كتب^(٢) في إحدى المرات: «إذا ما كانت نظريتك تتضاد مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية، فلن أستطيع أن أعطيك أى أمل، فلا شئ أمام هذه النظرية سوى النداعى والانهيار فى خزى عميق». ومن السهل أن تعثر فى حياة كل يوم على أمثلة لتطبيقات القانون أثناء عمله، حالات يستسلم فيها «النظام» للفوضى. تحطم وزوال حواف الحفر وآثار أقدامى فى الرمال الذى أشرت إليهما فى صدر هذا الفصل. وفكر فى «رجل الثلج» الذائب أو إلى البيضة بعد تكسيرها. وكل هذه العمليات تنتج عنها حالات من «اللا نظام» للمادة من حالات خاضعة لـ «النظام» نسبيا. كما أن هذه التغيرات لا يتسنى إحداث اتجاه عكسى لها، فلن تشاهد مدًا ينشئ آثار أقدام، أو أشعة شمس تنشئ «رجل ثلج»، وحتى أحصنة الملك ورجاله، لا يستطيعون إيقاف حالة الهرج والمرج السائدة فى المعارك.

هذا ويقس الفيزيائيون الفاقد من الطاقة النافعة بشكل كمى من خلال مصطلح «أنطروبيا»^(*) "entropy" الذى، وبطريقة مبسطة، يتطابق مع درجة «الفوضوية» الموجودة فى نظام ما. حينما تحدث عملية فيزيائية مثل حركة المكبس داخل (الأسطوانة) فى آلة بخارية، فمن السهل حساب كم الأنطروبيا الناتج عن العملية، وعندما نكون مسلحين بمفهوم الأنطروبيا.

لماذا هذا التحول من «النظام» إلى «اللا نظام»؟ التوزيع غير المتعادل للحرارة فى البداية يمكن النظر إليه كحالة من نظام متزايد، ما دامت الأنطروبيا المنخفضة تظل أقل من الحالة النهائية لها، فإن الطاقة تتوزع بشكل فوضى بين أكبر عدد من الجزيئات. وفى هذا المثال فإن القانون الثانى للديناميكا الحرارية يتطلب أن تتدفق الحرارة من الساخن للبارد، ولا يمكن أن تكون فى اتجاه عكسى أى من البارد إلى الساخن.

(*) عبارة عن عامل رياضى لقياس الطاقة غير المستفاد منها من نظام دينامى حرارى مغلق (المترجم).

وعند توظيف أو تطبيق قوانين الديناميكا الحرارية على نظام عضوى حى، فيبدو أن ثمة مشكلة. لأن واحداً من أهم مزايا أو خصائص الحياة هو الدرجة العالية للنظام فيها، ولذا فحين ينمو أو يتطور هذا النظام أو يعاد إنتاجه أو نسخه فإن النظام يزداد. وهذا يتعارض مع القانون الثانى وما يدعيه. ومثال ذلك نمو الجنين، وتشكل جزيئات الدنا، وظهور نوع جديد، والتعاون المتزايد فى المجال العضوى الإحيائى ككل، كل هذه أمثلة على تزايد «النظام». وتناقص الأنطروبيا.

وقد تحير العديد من العلماء المشهورين إزاء هذا التناقض. حتى العالم الفيزيائى الألمانى «هيرمان فون هيلمهولتز» **"Hermann von Helmholtz"** نفسه، وهو أحد مؤسسى علم الديناميكا الحرارية، كان واحداً من بين أوائل من اقترحوا أن الحياة إلى حد ما تطوق أو تحال على القانون الثانى^(٣). وكذلك أدرك إدينجتون أن ثمة تناقضاً بين التطور الداروينى والديناميكا الحرارية، واقترح إما هجر هذا الأخير، أو إنشاء مبدأ للا تطور إلى جواره^(٤). وحتى شروينجر كانت لديه شكوكه. فى كتابه: «ما هى الحياة؟» قام باختبار وفحص العلاقة بين النظام واللا نظام فى الديناميكا الحرارية المصطلح أو المتفق عليها، مقارنة مع المبدأ الموروث فى الحياة والخاص بمزيد من النظام. حيث لاحظ أن الكائن الحى يتجنب التفسخ أو الانحلال ويبقى على «النظام» من خلال ما عبر عنه بـ «شرب النظام» عبر بيئته. وظن بذلك أن القانون الثانى لا ينطبق على المادة الحية حيث كتب^(٥): «يجب أن نكون مستعدين للعثور على طراز جديد من هذا القانون الفيزيائى يتغلب عليه».

وهكذا هل ثمة مشكلة فى القانون الثانى للديناميكا الحرارية عندما يتعلق الأمر بالنظم البيولوجية؟ لا، ليست هناك مشكلة. ليس هناك تناقض بين الحياة وقوانين الديناميكا الحرارية. ولكى ترى أنه لا توجد مشكلة، خذ فى اعتبارك أولاً حالة مبرد متواضع refrigerator المصمم خصيصاً، لكى يزيح الحرارة عن البرودة (داخل المبرد). وإطلاقها إلى ما هو ساخن (حجرة المطبخ نفسها). ولقد

قررت سلفاً أن المتطلب من الحرارة أن تتدفق من الحار للبارد. ولكن هناك شرطاً مهماً. أن القانون الثانى ذلك. وبحالته التى يحدثنا عنها لا ينطبق إلا على النظم المغلقة. والمبرد ليس كذلك. ولكى تجبر الحرارة لأن تتدفق فى الاتجاه العكسى أو الاتجاه الخطأ فعلى المبرد أن يقوم ببعض العمل. وهذا يتطلب بعض الوقود وموتوراً ليقوده. الموتور يستهلك الطاقة (دون أى انعكاس فى الاتجاه)، وهذا يرفع من معدلات الأنطروبيا فى المطبخ، وعندما تحسب الكميات سوف تجد، وبشكل مؤكد كفاية، أن معدل الأنطروبيا داخل المبرد يقل، بينما يرتفع معدلها فى المطبخ وحتى بدرجة أكبر من معدل انخفاضه (موتور المبرد تزداد درجة حرارته سخونة أثناء عمله). هذا وما نجنيه من الأشياء المتأرجحة يكون أكثر مما نجنيه من الطرق غير المباشرة. وهكذا من حيث التوازن، فإن مبرداً عاملاً (فى حالة شغل) يرفع معدل الأنطروبيا فى الكون بدرجة قليلة جداً لا تكاد تذكر. ويصدق هذا على جميع العمليات بما فيها الحياة ذاتها، فيما يبدو أنه إنشاء للنظام من داخل الفوضى Chaos. إنها يمكن أن تصنع «النظام» فى موضع ما، ولكنها سوف تصنع «اللا نظام» فى مواضع أخرى كئمن له.

وليس من الصعب تعقب أين يظهر اللا نظام فى النظم البيولوجية. انظر إلى أنه لكى ينمو كائن حى، فهو يحتاج إلى طاقة أو وقود، والطعام يحتوى على طاقة ناعقة، والتى يتشظى بعض منها لحرارة «فاقد» أو «فاقد» خلال عملية التنفس، إنها الحرارة التى نحفظها فى حالة دفء، وإلى هذا الحد فهى ناعقة أيضاً، ولكن ما لا يمكن اجتنابه أن بعضاً منها يتدفق بعيداً فى الهواء المحيط بنا، وهو ما يعتبر «فاقدًا». وهكذا فإن «حرق» الغذاء داخل أجسادنا يولد معدلات أنطروبيا أكثر من كافية لنفع مقابل النظام الإضافى المتمثل فى إنتاج خلايا جديدة. والقصة مع النبات مشابهة تماماً. النباتات تنمو باصطياد الطاقة الشمسية، ولكن تحويل الضوء من الشمس الساخنة للأرض الباردة يؤدي إلى تزايد فى معدل الأنطروبيا بأكثر مما هو مقابل لزيادة النظام عبر إنتاج الخلايا الجديدة.

القانون الثانى عند تطبيقه على التطور الإحيائى عند ظهور أنواع جديدة فهذا يعنى مزيداً من «النظام»، ولكن نظرية دارون عرفت الثمن المدفوع لتحقيق ذلك. إن ظهور أنواع جديدة يتطلب العديد من التغيرات بحيث يتسنى لنا وضع القانون الثانى كما يلى: الأنطروبيا الكلية فى نظام مغلق لا تتناقص، أو لا تزيد بشكل لا محدود. سوف تكون هناك حالة للأنطروبيا تصل فيها إلى حدها الأقصى والذى ويبلغ عندها «اللا نظام» أقصاه، وهى التى يشار إليها بـ «الاتزان» الديناميكي الحرارى» وبمجرد أن يصل إليها هذا النظام فإنه يظل متقيداً بها، لا يتجاوزها.

ولكى تتضح هذه المبادئ أكثر، دعنى أضفى عليها مزيداً من الضوء، من خلال مثال بسيط يتعلق باتجاه تدفق الحرارة. إذا ما وضع جسم ساخن فى تماس مع جسم بارد، فإن الحرارة تنتقل من الساخن إلى البارد. وأخيراً يصل كلاهما إلى ما يعرف بالاتزان الديناميكي الحرارى. ولتطوير أى أنواع أخرى يتطلب الأمر تحولات أو تغيرات عديدة، أغلبها أو القدر الأكبر منها ضار، وتعرض للإقصاء عبر «منخل» الاختيار الطبيعى. لأن أى بقاء ناجح لمتغير ما، يكون على حساب آلاف من حالات الموت. والأسلاء الناجمة عن هذه المجزرة الطبيعية (الاختيار)، تقدر بزيادة ضخمة فى الأنطروبيا، والتى لا يمكن تعويضها بما جنيته من «التغير» أو «التحول الناجح»^(٦).

خلاصة القول: إن النظام الإحيائى يذعن بالكامل للقانون الثانى للديناميكا الحرارية وما دامت تستطيع البيئة أن تمدنا بطاقة ناعمة، فإن النظام العضوى سيستمر، بسعادة، فى إنقاص معدلات الأنطروبيا وزيادة النظام فى جواره المحلى. لكنه فى الوقت نفسه يساهم فى التزايد الوحشى، للأنطروبيا فى الكون ككل. هذا الثبات بما يشبه الخط المستقيم لمشكلة الديناميكا الحرارية مع الحياة، سبق أن عرقه منذ زمن طويل واحد آخر من مؤسسى نظرية الديناميكا الحرارية، هو الفيزيائى النمساوى لودفيج بولتزمان Ludwig Boltzmann^(٧): «وهكذا فإن الصراع العام من

أجل الحياة ليس معركة من أجل المادة الأساسية... ولا من أجل الطاقة... إنما من أجل أن يصبح إنتاج الأنطروبيا ممكناً من خلال تحول الشمس الساخنة إلى الأرض الباردة».

ومع ذلك يجب أن نأخذ حذرنا هنا من أن نسقط في شرك. لأن الحياة، وهي لصيقة بالقانون الثانى للديناميكا الحرارية، لا يعنى أن هذا القانون الثانى يشرح الحياة، هو بالتأكيد لا يفعل ذلك وللأسف فإن كثيراً من العلماء استسلموا لهذه المخادعة. وما زال علينا أن نتأمل كيف أن التغيير فى معدلات الأنطروبيا مع البيئة يجلب هذا النوع المعين من النظام المائل من النظام العضوى الحيوى. وليس مجرد تخصيص مصدر للطاقة النافعة، سيشرح لنا بذاته كيف تتم عمليات «النظام» هذه. ولكى نفعل ذلك، يحتاج المرء لتعريف الآلية الفعلية التى ستضاعف المخزون القديم للطاقة المتاحة لتناسب مع العمليات البيولوجية. هذا الجزء من القصة، يشبه القول بأن وظيفة المبرد قد تم شرحها بمجرد عثورنا على مقبس (بريزة).

ولأنها تتطابق مع حالة التوازن، فإن أقصى معدل للأنطروبيا يكون مستقراً. وعلى سبيل الحديث، فإن حالة عدم الاتزان الحرارى تكون غير مستقرة، والعمليات الطبيعية ترغب فى أن تدفع معدل الأنطروبيا إلى أقصاه. ومع ذلك فإن الواقع تكون فيه عدة حواجز تمنع القانون الثانى من أن يمضى فى طريقه، وعلى سبيل المثال فإن بخار البترول مع الهواء لا يمثلان خليطاً لحالة أقصى أنطروبيا. سيرغب كل غاز منهما فى أن يتفاعل لتشكيل عنصر أكثر ثباتاً، وأن يحرر الحرارة، وبالتالي يزيد من الأنطروبيا. وفى ظل الشروط العادية، فإن هذا التفاعل يكون مخادعاً لأن الحاجز الكيميائى يمنع من حدوثها بطريقة عفوية، الأمر يحتاج لومضة لقدح زناد التفاعل أو رد الفعل. الحالات التى تمثل استقراراً هشاً من هذا النوع يصطلح على تسميتها «شبه استقرار» "metastable" أو قل «ما وراء الاستقرار». وخليط بخار البترول والهواء هو واحد من أمثلة «ما وراء الاستقرار»، ومثال آخر: قلم يقف على نهايته المسطحة. إنه يحتاج إلى جهد ولو

قليلاً، لجعله متداعياً للسقوط. وذلك بالمقارنة مع قلم يقوم على سنه المذبذب، والذي يكون في هذه الحالة غير مستقر بالكامل.

مفهوم «ما وراء الاستقرار» يمثل بالكلية وضعاً محرجاً لنجاح عملية الحياة. لأن الكائنات الحية تحصل على الطاقة النافعة من ردود الفعل الكيميائية، ولكنها لا تستطيع أن تفعل ذلك إذا ما كانت العمليات غير العضوية - قد طوقت مجال العملية وبددت الطاقة في البداية أى قبل حصولها هي عليها. وهكذا فإن الحياة دائماً تسعى لمصادرة «ما وراء الاستقرار» للطاقة النافعة لكي تستغلها في أن تظهر نفسها. الحيوانات تستنبت طاقاتها بحرق مواد عضوية، مستفيدة من نفس حالة «ما وراء الاستقرار» الأساسية، مثل خليط غاز البترول - الهواء. وكما سنرى أن بعض الميكروبات تقتلع الطاقة بسعيها وراء طرق كيميائية قد لا يصل إليها تفكير الكيميائيين.

ولكشف السرّ عن مصادر ما وراء الاستقرار فإن على الكائنات العضوية أن تجتاز الحواجز النشطة التي تحول دون تحرير اللا عضويات للطاقة. وهى تفعل ذلك من خلال استراتيجيات ماهرة مثل استخدام الإنزيمات *enzymes*، التى تحفز ردود الفعل والأجرت في بطء بالغ. وحيلة أخرى تتمثل في أنها توظف جزيئات تقوم بدور الشاحن لتكون معادلة للشرارة التى تجعل البترول يشتعل. ولأن ردود الفعل الكيميائية تجرى بمستويات مختلفة في ظل الظروف المختلفة، فإن الكائنات الحية تستطيع التحكم في تحرير الطاقة بإعطاء دفعات قليلة منها عند الاحتياج إليها وفي وقتها تماماً. وهذه الحقيقة هى التى تجعل من الكيمياء أساساً مثالاً للبيولوجيا، ولكن من حيث المبدأ، فإن الحياة تستطيع توظيف استخدام أى مصدر للطاقة، له صفة «ما وراء الاستقرار». وكتاب الخيال العلمى فحصوا الحياة القائمة على بلازما متأينة *ionized plasma* أو على عمليات نرية. فى حين أن ذلك ممكن نظرياً، فإن التنوع المحض وتعدد جوانب ردود الفعل أو التفاعلات الكيميائية يجب أن تجعل الحياة كيميائية الطابع كأفضل فرصة رهان.

من أين تجيء المعرفة البيولوجية؟

معارك الحرب الحديثة تعتمد بشدة على المعلومات الموثوقة. التى طالما لعبت دورًا حاسمًا فى قيادة الجيوش والسيطرة على المعارك عبر خطوط الهاتف ووصلات الراديو. ومع ذلك فإن قناتى الاتصال هاتين يعدان موضوعًا لتداخل الإشارات، كما يعرف كل من يحاول نقل تعليمات على تليفون محمول خارج نطاق الخدمة، وخلال الحرب العالمية الثانية عمدت الولايات المتحدة الأمريكية إلى إجراء دراسة من خلال القوات المسلحة حول مبادئ الاتصالات، قادها الباحث «كلود شانون» "Claude Shannon"، الذى كان يعمل فى معامل تليفون بل "Bell Telephone Laboratories". وقد نشرت نتائج تحليلاته عام ١٩٤٩ تحت عنوان: «النظرية الرياضية للاتصالات» "The Mathematical Theory of Communication"، وسرعان ما أصبح الكتاب من ضمن الكلاسيكيات^(٨).

نظرية شانون تمحورت على الصلة المباشرة بين المعلومات والأنطروبيا. تخيل حديثك مع صديق لك عبر هاتف «يهسهس»، أو كما نقول به «وش» لسنا بحاجة للقول بأن الضوضاء فى خلفية المحادثة لن يضيف أبدًا أى شىء للمحادثة. ولكن كانت بصيرة شانون الكبرى فى تركيز الضوء على أن هذه الضوضاء هى شكل من أشكال «اللا نظام» أو «الأنطروبيا». وبالمقارنة: فإن إشارة تمثل النظام: قارن النقاط المعدة بعناية والخطوط الصغيرة فى الكتابة (الشرطة -) فى شفرة مورس Morse وبين طقطقة صادرة عن راديو مثبت فى موضعه. وتعامل المعلومات فى نظرية شانون كمضاد أو عكس الأنطروبيا لأن المعلومات أحيانًا ما تشير إلى أنطروبيا سالبة. عندما تُفقد المعلومات فى قناة اتصال مفعمة بالتشويش، تنهض الأنطروبيا. وهنا يصبح الأمر كمثال للقانون الثانى للديناميكا الحرارية، الذى على هذا النحو تنقسم بصفة «كُلِّيَّ الوجود».

وهكذا فإن تفسخ أو انحلال الإشارة يمكن النظر إليه بطريقتين متكافئتين: كما لو أن الضوضاء قد غزت القناة أو أن المعلومات قد تسربت منها. هذا التشويه أو الانحراف الجديد للأنطروبيا يمكن أن ينطبق تمامًا على النظم الفيزيائية. القانون الثانى يمكن أن نفكر فيه إما إنه زيادة أو انتشار للأنطروبيا، وإما انحراف معلومات غير مُرض فى النظام.

كانت لأفكار شانون تطبيقات واضحة على النظم العضوية الإحيائية، لأن المعلومات هى واحدة من مزاياها المُعرّفة. فالدنا تختزن المعلومات اللازمة لإنشاء الكائن العضوى وجعله يعمل. وثمة وجه واحد لغموض «النظام» البيولوجى يمكن أن يُعبّر عنه من خلال هذا السؤال: من أين تأتي المعلومات البيولوجية؟ نظرية الاتصالات - أو نظرية المعلومات كما تُعرف بهذا الاسم حاليًا - تقول بأن الضوضاء تدمر المعلومات، وإن تلك هى العملية العكسية، إنشاء معلومات من الضوضاء، والتي قد تبدو لنا كمعجزة. ظهور رسالة هكذا من نفسها من خلال راديو ساكن أو خامد سوف تكون أمرًا مفاجئًا مثل أن يصنع المد آثار أقدام على الشاطئ الرملى، لقد عدنا إلى الوراء لنفس المعضلة القديمة: القانون الثانى للديناميكا الحرارية يصر على أن المعلومات لا تزدهر من خلال كونها عفوية أو تلقائية بأكثر مما تستطيع الحرارة أن تتدفق من البارد إلى الساخن.

حل هذه المشكلة يمكن أن يكون مرة ثانية موجودًا فى حقيقة أن الكائن العضوى ليس نظامًا مغلقًا ومحتوى معلومات خلية حية، يمكن أن تزدهر إذا ما تساقطت المعلومات المحيطة بها فى الجوار. وطريقة أخرى للتعبير عن ذلك وهى أن المعلومات تتدفق من البيئة إلى الكائن العضوى. وهذا هو بالضرورة ما عناه شروندجر عندما قال إن الكائن العضوى يستمر فى الحياة بشرب «النظام». إن الحياة تتجنب التفسخ والانحلال من خلال القانون الثانى للديناميكا الحرارية عبر استيراد المعلومات أو الأنطروبيا السالبة من الأجواء المحيطة. وبذلك يكون مصدر معلومات الكائن العضوى هو البيئة المحيطة به.

كل من «الأبيض» و «إعادة النسخ» مستبطنان من تدفق المعلومات من البيئة المحيطة إلى الكائن العضوى لأن الغذاء يحتوى على طاقة منظمة أو نافعة، و ثراء فى المعلومات، فكر فى تعقيد الجزيء العضوى كنقرات صغيرة من شفرة مورس. حرارة الجسم هى طاقة فاقدة أو مُبددة - معلومات فقيرة - مثل خط تليفون به «وش» أو «هسيس». هكذا يدفع القانون الثانى الرسوم المفروضة عليه، ولكن مع ذلك ينمو الكائن العضوى بتركيز المعلومات مع نفسه وتصدير الأنطروبيا. وفى حالة إعادة الإنتاج، فإن محتوى معلومات الدنا تتغير بطريقة أكثر بطئاً عبر عديد من الأجيال كنتيجة للتغيرات الإحيائية العشوائية والتحولات أو التغيرات الإحيائية التى هى المعادل العضوى للوضوء فى خط تليفونى والإشارة هى الدنا المصكوكة حديثاً. والتحولات الناجحة هى تلك التى تتكيف بشكل أكثر كفاءة مع بيئتها، ولذلك تقوم البيئة بإمدادنا بالمعلومات وبطريقة أكثر دقة تختار المعلومات التى تنتهى داخل الدنا. وهكذا تقوم البيئة بتغذية الرسالة الجينية (الوراثية) بالمعلومات عبر الاختيار الطبيعى^(٩).

النظر إلى الصراع من أجل الوجود بمصطلحات المد والجزر فى المعلومات يطرح علينا سؤالاً غريباً: هل التحولات الإحيائية من قبيل الأخبار الجيدة أو الأخبار السيئة؟ إذا كان النسخ الوراثى مخلصاً تماماً، فإن الحياة لن يتسنى لها أبداً التكيف مع الظروف المتغيرة، وبالتالي سيكون الانقراض هو القضاء المحتوم الذى لا يمكن تجنبه. ومن الناحية الأخرى، فإن الكثير من أخطاء إعادة النسخ ستتكرر لدرجة أن الرسالة الوراثية ستسحب، وفى النهاية تضع. ولكى ينجح الأمر، فإن الأنواع تحتاج إلى أن تحفظ التوازن بين تحولات إحيائية عديدة وأخرى قليلة.

يمكننا أن نرى هذه «التوفيقية» وهى ماثلة خلال حياتنا نحن. عندما كنت فى سن السابعة توفيت خالتي الكبرى بداء السل "tuberculosis=TB"، وكانت أول مرة أسمع ما كنا نخافه من الهزال التدريجى أو السل، وبالطبع كانت الأخيرة على

الأقل لفترة طويلة من الزمن وحتى في بواكير خمسينيات القرن الماضي، كان الموت من هذا الداء العتيق قد أصبح نادراً في بريطانيا، وصار ينخفض بسرعة في معدلاته عبر العقود التالية حتى أصبح جديراً بالتغاضي عنه. واكتشاف الإستربتومايسين، كمضاد حيوى عام ١٩٤٣ والاستخدام اللاحق للقاح BCG استطاعا معاً أن يستبعدا السل كموضوع محل اهتمام صحى - حتى الآن. وفجأة عاد السل إلى الأنبياء كآخر شكل لمقاومة العقاقير مترامناً مع سلالة جديدة من «السالمونيلا» *Salmonella* و«الجونورهوا» *gonorrhoea* (مرض معدٍ ينتقل جنسياً - السيلان) و«بنيومونيا» *Pneumonia* و(التهاب جرثومى أو مناعى أو كيميائى حاد أو مزمن يصيب الرئتين)، وأصبح السل - معها - يهدد بأن يكون مصدراً خطراً على الصحة مرة أخرى. ما الذى يحدث؟

جزء من الإجابة يكمن فى الطريقة التى تستطيع بها الباكترىا أن تتحول. هذا متضافر مع قابليتها للتكاثر بأقصى سرعة، بضمن تقريباً أن تظل تبرع مناوراتها إزاء أى دواء أو لقاح ندهمهم به علوم الطب والأدوية. وبالرغم من السرعة التى يسير عليها البحث العلمى للعثور على مضاد حيوى جديد، فإن التغير الإحيائى الجرثومى يقفز خطوة أسبق.

هذا ويمثل الصراع بين الأطباء والباكتيريا نموذجاً للتطور الداروينى فى حالة العمل. ورغم أن حالة الأمراض الناجمة عن التلوث معقدة عبر عدة عوامل طبية، فربما يمكن اكتشاف مبدأ بسيط يتحدد تحت الخطوط المعروفة لعملية إعادة النسخ. وكما شرحت سلفاً أن أخطاء المعلومات أثناء النقل تشبه حالة الضوضاء أو الأنطروبيا فى قناة اتصال. الضوضاء تتسبب فى تسرب المعلومات وهى هنا تعنى المعلومات الوراثية. هذا التحلل فى الرسالة الوراثية يقابله الاختيار الطبيعى، والذى يخدم كمصدر للمعلومات. إذا لم تستطع البيئة أن تمد أو تضع مرة ثانية فى الجينوم genome، عبر الاختيار الطبيعى، قدرًا من المعلومات مساوياً للمعلومات المتسربة، فإن الأخطاء سوف تتراكم فى النهاية لدرجة تختلط فيها عملية إعادة النسخ نفسها،

وتتوقف إعادة الإنتاج. هذه الحالة المأساوية التي هي مثال آخر لعمل القانون الثانى من الديناميكا الحرارية، أطلقوا عليها مصطلح «الخطأ المأساوى» "the error catastrophe" وكان الذى صاغ التعبير هو البيوكيميائى الألمانى «مانفرد إيجن» "Manfred Eigen".

هذا ويمكن تكميم (من كم) الأخطاء المأساوية عبر السؤال، كم عدد البتات bits من المعلومات فى الكائن العضوى؟ وكم منها يمكن أن يتسرب قبل أن تخضع هذه الذرية بذاتها أو المعينة فى الاستسلام للموت؟. وقد أعلن إيجن أنه كلما كبر عدد الجينات التى يمتلكها الكائن العضوى، صغر معدل الأخطاء. بحيث يتجنب «الخطأ المأساوى»، وذلك فى مقطع صغير من الأمر. وفى كلمات أخرى فإن النسخ غير المتقن يقتل النظام العضوى المعقد. والكائن العضوى ذو الرتبة العالية لديه حوالى ١٠٠,٠٠٠ جين^(١٠). قادرة على تخزين مائة مليون «بتة» معلومات أى منها يمكن أن يكون موضع خطأ، وفى تقدير موقف مبدئى إذا كان مستوى الخطأ هو واحد فى المائة مليون، فإن «الخطأ المأساوى» يمكن تجنبه. وبالمقارنة مع الباكثيريا التى لديها عدد أقل كثيراً من الجينات، فإنها يمكن أن تتعرض للخطأ بنسبة أكبر. ويبدو أن الطبيعة لديها علم بقاعدة إيجن هذه، لأن الخلايا لدينا كبشر عملت على أن تتخفف بمستوى الأخطاء إلى واحد فى كل بليون، بينما بالنسبة للبكتيريا فإن المستوى أعلى بكثير - حوالى واحد فى كل مليون. ومن هنا تأتى مشاكل التحولات المقاومة للأدوية واللقاحات. وبالنسبة للفيروس، والذى لديه عدد أقل من الجينات فإن مستوى نسبة التحول الإحيائى يبقى أعلى بكثير. والدرجة القصوى لمستوى نسبة الخطأ بالنسبة للجنس البشرى تكون عادة دون مستوى «الخطأ المأساوى»، وهو ما يمثل حالة توفيقية بين الثبات أو الاستقرار والمرونة.

و«الخطأ المأساوى» يمثل حالة حرجية ومهمة بالنسبة لمشكلة النشوء الإحيائى من حياة أسبق. بالنسبة للنظم العضوية الحديثة، ثمة آلية لتصحيح مميز للطبعة وإصلاح للخطأ، يتم توظيفها لحفظ المستوى المنخفض للأخطاء. حيث

تستطيع الخلايا أن تكتسى برداء من الإنزيمات، ظهر عبر بلايين السنين، لتتقيد عملية إعادة النسخ. ولم تكن مثل هذه الإنزيمات متاحة للنظم العضوية الأولى. ولذا كانت عملية إعادة النسخ لديهم عرضة بشدة للخطأ. وطبقاً لقاعدة إيجن، فإن هذا يعنى أن الخريطة الجينية لدى هؤلاء الأوائل (أو قبل إعادة النسخ قبل العضوى) كانت قصيرة جداً إذ كان لهم أن يتجنبوا «الخطأ المأساوى» ولكننا هنا نقع فى تناقض. إذا كانت الخريطة الجينية بالغة القصر، فكيف تستطيع أن تقوم بتخزين معلومات كافية لبناء آلية النسخ نفسها. إيجن اعتقد أنه حتى أبسط أجهزة أو أدوات إعادة النسخ تتطلب معلومات أكثر وفرة، والتي لم يسبق تراكمها أبداً فى سلسلة متعاقبة من الحامض النووى (مادة تستخرج من نوى الخلايا) "nucleic acid"^(١١). وللوصول إلى مقدار الطول الذى تحتاجه الشفرة الضرورية للإنزيمات الطابعة، فإن الخريطة الجينية ستخاطر بالوقوع بغباء فى مشكلة «الخطأ المأساوى» الذى تحاول مقارنته والتغلب عليه. ولوضع المسألة فى شكل بسيط: الخرائط الجينية تتطلب نسخاً يعتمد عليه، والنسخ الموثوق به يتطلب خرائط جينية معقدة. وعليه أيهما يأتى أولاً؟ وهذه مثل مشكلة «البيضة» و«الدجاجة» كنموذج لمتناقضة النشوء الإحيائى كما سنرى فى الفصل الخامس.

حتى الآن كنت، إلى حد ما، مختالاً فى استعمال مصطلح «المعلومات». ولكن علماء الكمبيوتر وضعوا تفرقة بين تراكيب الجمل وبنائها وإعرابها syntax ودلالات الألفاظ وتطورها semantics، فالأولى هى محض معلومات ربما تم ترتيبها طبقاً لقواعد النحو، بينما الأخيرة معلومات لها نوع من المعنى أو السياق. والمعلومات بذاتها أو من ناحية جوهرها ليس عليها أن تعنى شيئاً: قطع الثلج المتساقطة تحوى معنى تركيبياً بالنسبة لخصوصية تركيبها كسداسية الشكل أو الأضلاع ولكن هذا النموذج لا يحوى أى دلالات، أى لا معنى لأى شئ بخلاف بنائه هو. وبالمقارنة مع الملمح المميز للمعلومات البيولوجية من أنه مفعم بالمعنى. الدنيا تقوم بتخزين المعلومات المتطلبة لبناء كائن بشرى وظيفى، إنها «الطبعة الزرقاء» (الطبعة المبدئية

أو البروفة النهائية) أو الحبر الخاص بكائن متخصص ومنتج محتوم أو مقدر "predetermined"، بينما قطع الثلج المتساقطة ليست شفرة ولا تحتاج لشفرة، كما أنها لا ترمز لأى شىء على الإطلاق، بينما الجينات تفعل ذلك بشكل واضح لا لبس فيه. ولكى تشرح الحياة بشكل كامل، فليس يكفى أن نعرف ببساطة مصدراً للطاقة الحرة، أو معدلاً للأنطروبيا السالبة، للإمداد بالمعلومات البيولوجية. إنما علينا أيضاً أن نفهم، كيف تأتى المعلومات الدلالية ذات المعنى للوجود. إنها جودة المعلومات وليس مجرد وجودها. وهذا هو السر الحقيقى. كل هذه الأشياء عن الصراع مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية هو تقريباً أمر قليل الشأن، كأسماك السردين الحمراء قليلة الحجم لدرجة أنها جديرة بالالتفات عنها.

مصدر المعلومات الدلالية يمكن أن يكون - فقط - متمثلاً فى بيئة الكائن العضوى، ولكن هذا يستدعى السؤال: كيف جاءت المعلومات للبيئة فى المقام الأول؟، إنها - فقط - لم تكن منتظرة كشرائح أو صفحات من الطبعة المبدئية blueprint قبل الوجود للطبيعة كى تحاكيها. الطبيعة ليست مُصمَّماً عبقرى. وعليه، فما الذى تعرفه عن محتوى معلومات البيئة نفسها؟ بالطبع المقصود بالبيئة هنا هو موطن الكائن العضوى؟ هل المحيط الأرضى؟ هل النظام الشمسى؟ فى النهاية البيئة هى الكون كله. تتبع سلسلة التسبب أو العلية، وستجد أن السؤال متعلق بالكونية. وهكذا نكون مواجهين بالسؤال المطلق: من أين جاء محتوى معلومات الكون؟

الفجوة الأنطروبية: الجاذبية كمنبع رئيسى للنظام:

سبق لدارون أن انتقد بشدة هؤلاء الذين تدارسوا وتفكروا حول أصل الحياة، كرد عكسى على التفكير فى أصل المادة. واليوم يعتقد الفيزيائيون والكونيون أنهم قد عرفوا أصل المادة، وأن هذا الأصل يكشف عن أنه قابل للمقارنة مع عملية

الإحياء العضوى. أو أن الكون المرئى يشتمل على ١٠% من أطنان المادة، أما مشكلة من أين أتت فكانت أشبه بالعبء أو الوياء الذى أصاب الكونيات لعديد من السنين. وكان الناقدون الأوائل للانفجار الكبير لا يوافقون على افتراض أن كل هذه المادة اندفعت للوجود فى بداية الزمن من دون أى سبب ظاهر. وكانت فكرة أن الكون تجذر من مادة، سبق أن وجدت بالفعل منذ البداية، كانت هذه الفكرة كالصدمة بالنسبة للكثيرين فاعتبروها غير علمية بالمرّة.

وكان ثمة طريق آخر فى متناول اليد. حيث اكتشف الفيزيائيون منذ فترة أن عناصر المادة يمكن إنشاؤها إذا ما تركزت الطاقة بدرجة كافية، وهى عملية قابلة لأن تتم فى المعمل عن طريق ماكينات تسريع كبيرة. ولسوء الحظ لم تستطع هذه الفكرة أن تحل مشكلة الكونيين، لأنها تستدعى ببساطة سؤالاً حرجاً: من أين أتت هذه الطاقة المطلوبة للعملية فى المقام الأول؟ الافتراض بأن الطاقة فى الكون قد جاءت أو أعطيت.. فقط هكذا كما لو كانت مجرد موجودة هناك فى الخارج، كان من الصعب اعتباره نوعاً من التقديم أو التقويم لفكرة أن المادة كانت هناك بدورها «فى الخارج». وفى كل هذه الاعتبارات تظل هناك شاردة عن «المعجزة» عن شىء يصدر عن اللا شىء فى نظرية الانفجار الكبير.

ولكن فى ثمانينيات القرن الماضى تم حل مسألة مصدر الطاقة فى الكون، حيث أكتشفت المقولة بأن كل الطاقة فى الكون ربما تكون بالفعل عند درجة الصفر، وبالتالي تكون حالة من حالات «شىء من لا شىء». ويرجع السبب فى أن الكون يظل يحتوى على ١٠% أطنان من المادة. ومع ذلك تبقى الطاقة فى درجة الصفر - يرجع إلى أن طاقة مجال الجاذبية طاقة سلبية - تعبير غريب ومميز فى آن معاً ويتصل بما سأقوله فيما بعد، والجمع بينهما يدل على أن كلا الاثنين يمكن أن يتلاغيان، تاركين قيمة «الصفر». وثمة آلية مقنعة وُجد أنها تشرح كيف أن الطاقة الإيجابية تظل محتبسة فى المادة، بينما تذهب كمية مماثلة لها من الطاقة السلبية إلى حقل الجاذبية وكنيجة ذلك، فإن كل المادة الكونية قد أنشئت بالفعل من

دون مقابل ! وبمجرد أن ميز الكونيون ذلك، فقد أصبح قابلاً للتصديق افتراض أن الكون كله بدأ في فراغ تام، وظهرت كل المادة بعد ذلك (ولكن بسرعة شديدة) كنتيجة لعمليات فيزيائية طبيعية. وحظيت هذه النظرية بقدر من الرقعة وبتقدير أنها أكثر علمية، لأنها استبعدت الحاجة لافتراض بأن ثمة قوة تفوق الطبيعة قد ساهمت في إيجاد المادة عند بداية الزمن.

والآن إذا عدنا لمشكلة الإحياء العضوى، سنجد أننا مواجهون بمشكلة وجدانية عكسية. لأننا سنكون بحاجة لأن نشرح، ليس أصل كل هذه الأشياء المادية، ولكن أصل المعلومات إذ إن السعى وراء العمليات الفيزيائية المولدة للمادة يبدو علماً جيّداً، أنه يبدو من غير العلمى بالمرّة التعلّق بأمل أن عملية ما هي التي ستولد المعلومات. فالمعلومات ليست، من بين ما يفترض أنها هكذا تأتي من دون مقابل (مثل مادة الكون) أنك يجب أن تعمل من أجلها. وهذا بالفعل هو القانون الثانى للديناميكا الحرارية الذى نعود إليه للمرة الثانية. هذا لأن الظهور التلقائى للمعلومات فى الكون ربما يكون مكافئاً للنقص فى درجة الأنطروبيا فى الكون - بالتناقض مع القانون الثانى: معجزة.. والآن لم يعد محلاً للإنكار أن الكون يحتوى على معلومات (لأنه ليس فى حالة اتزان حرارى). وإذا المعلومات لم يتسنى إنشاؤها، فلا بد أنها كانت موجودة هناك منذ البداية، كأن تكون جزءاً من المرحلة التمهيدية على سبيل المثال. والنتيجة التى يسوقنا إليها هذا هو أن الكون تواجد منذ البداية وهو مكتس بالمعلومات، أو الأنطروبيا السالبة.

ما ملاحظات الفلكيين حول المحتوى المعلوماتى للكون الباكر؟ هنا سننقع على اكتشاف عجيب هو وجود خلفية للكون من الإشعاع الحرارى، إنه أحد الأدلة التى تُكرِّهنا على قبول نظرية الانفجار الكبير، وفيما يبدو أنه توهج تخلف عن المولد النارى للكون. هذه الأشعة سافرت عبر الكون دون أى بعثرة أو تعويقات بعد زمن قليل منذ الانفجار الكبير. ولذلك فإن هذا يعطينا نوعاً من اللقطات الخاطفة عما كان عليه الكون قرب بدايته. وقياسات الأقمار الصناعية حددت أن

مشهد أو طيف الإشعاع الحرارى الكونى يتطابق بالضبط مع حالة «الاتزان الحرارى». ولكن حالة الاتزان هذه تمثل أقصى درجات الأنطروبيا، والتي طبقاً لما أوضحته علاقة شانون، فهي تتضمن الحد الأدنى من المعلومات وفى الواقع فهي كافية لإعطاء معلومة واحدة (درجة الحرارة) تصف بالكامل حالة الاتزان الحرارى، وهكذا فإذا كانت خلفية الكون من الإشعاع الحرارى، لها أن تكون أى شىء فليس سوى أن الكون بدأ من دون أى محتوى معلوماتى تقريباً.

ويبدو أنه تواجهنا حالة تناقض تثير الارتباك: القانون الثانى يمنع زيادة مجموع المحتوى المعلوماتى للكون وقت ظهوره، فإن تسنى لنا أن نقول بأن الكون الباكر قد احتوى على قدر ضئيل من المعلومات. فعلينا أن نسأل: ومن أين جاءت المعلومات الماثلة أمامنا فى الكون الآن؟ وثمة طريقة أخرى للتعبير عن المشكلة بواسطة مصطلحات الأنطروبيا. إذا كان الكون حين بدايته كان قريباً من حالة التوازن الحرارى. حيث الحالة القصوى للأنطروبيا، كيف تسنى أن يصل (الكون) لحالته الحالية من عدم الاتزان، ونحن نعلم أن القانون الثانى يمنع من هبوط أو التئنى فى درجة الأنطروبيا.

والإجابة عن هذا اللغز أو تلك الأحجية أصبحت معروفة اليوم: إنها تكمن فى الدراسة المتأنية والجيدة لظاهرة الجاذبية. ولكى ترى التغيير الذى تحدثه الجاذبية فى الديناميكا الحرارية، ففكرْ فى قارورة مملوءة بالغاز، فى هيئة حرارية معينة، فإذا أنت تركت الغاز مستقراً دون اضطراب فهو لن يفعل شيئاً، إذ سيبقى فى حالة توازن. ولكن افترض أن كمية الغاز كانت كبيرة كسحابة غازية فيما بين الكواكب، هنا ستكون للجاذبية أهمية كبيرة، فلن يكون صحيحاً أن شيئاً لن يحدث، لأن النظام حالياً قد اضطرب، وسوف يبدأ الغاز فى التكثف، مراكماً مواد أكثر كثافة هنا وهناك. وفى وسط هذه التجمعات أو مراكزها سيتسبب التضاضاع فى ارتفاع حرارة الغاز وسوف يتسبب تدرج درجات الميل فى الحرارة فى تدفق الحرارة، وتتشكل النجوم داخل سحابة كونية حقيقية عبر هذا التصور. وتدفع

الإشعاع الحرارى من مثل هذا النجم - الشمسى مثلاً - سيكون مصدرًا (من دون مقابل) للطاقة أو الأنطروبيا السالبة، وهو ما يسيّر كل أشكال الحياة على سطح الأرض عبر التمثيل الضوئى *photosynthesis*، وهكذا فى ظل تأثير الجاذبية فإن الغاز المفترض أنه حالة توازن حرارة، وفى درجة حرارة متماثلة أو منتظمة وحد أقصى من الأنطروبيا، وبصرف النظر عن حدوث أى تغييرات أخرى، فإن الجاذبية ستجعل الحرارة تتدفق وتسبب ارتفاعًا متزايدًا فى درجة الأنطروبيا. هذا الإغواء الجاذبى لعدم الاستقرار هو مصدر المعلومات.

وفى النهاية فإن الجاذبية تغيّر من قواعد اللعبة بطريقة واضحة وبارزة. لأنه فى نظام تكون فيه الجاذبية محسوسة، فإنه يكفى أن يكون هذا النظام له حرارة مستقرة ومنتظمة وكثافة مستقرة ومنتظمة، كى نقول إنه فى حالة اتزان ديناميكى حرارى، أو حالة حد أقصى من الأنطروبيا. نعم نتحدثنا المظاهر - ذلك أن سحابة غازية يظل لديها الكثير من الطاقة الحرة لتفتتها عبر عمليات الجاذبية. حتى فى حالة الحرارة المستقرة فإن الغاز يظل فى حالة انخفاض فى الأنطروبيا. وعندما يتعلق الأمر بالكون فإن الجاذبية هى القوة المسيطرة، وعليه فلا يمكننا تجاهل تأثيراتها الديناميكية، ومن ثم لا نستطيع أن نستنبط من وجود خلفية منتظمة من الإشعاع الحرارى أن الكون الباكر كان فى واقع الأمر فى حالة توازن ديناميكى.

تمامًا كما يبدو أن الحياة «ذهبت فى الطريق الخطأ» ثيرموديناميكيا، هكذا يبدو أن الجاذبية ذهبت كذلك فى نفس الطريق^(١٧). نمو ناعم للغاز فى وسط تراكم معقد. ظهر النظام عفويًا. وبالنسبة للمصطلحات المعلوماتية، فيبدو أن هذا يمثل عودة لنقطة البداية. لأن حالة من الغاز المستقر، بكل بساطة هذه الحالة، يمكن وصفها عبر معلومات قليلة، بينما تتطلب مجموعة نجوم، أو مجرة معلومات وفيرة لوصف أى منهما. وفى بعض الطرق غير المفهومة بشكل صحى، فإن كمية ضخمة من المعلومات تبقى فى النهاية كامنّة، كسر محفوظ تحت نعومة حقل الجاذبية لغاز مستقر عديم الملامح. وفى حالة ظهور أو بروز نظام، فإن الغاز

يخرج من حالة الاتزان وتتدفق المعلومات من حقل الجاذبية منتقلة إلى المادة. وجزء من هذه المعلومات ينتهي إلى الخريطة الجينية للكائن العضوى كمعلومات بيولوجية.

وبالنظر للكون ككل، فإن التوزيع الهادئ المبث للغاز الذى لفظه الانفجار الكبير، تحول ببطء إلى بقع أو لطخات من الغاز المَكُون، الأكثر لحرارة نظمت نفسها فى النهاية إلى مجرّات أولية بَرّاقة محاطة بالفضاء الخالى. وهذه تتحول إلى تشكيل من نجوم متوهجة. هكذا يساعد تمدد الكون على حدوث التغيرات الحرارى، لأنه نتيجة للتمدّد الكونى تهبط الحرارة الخلفية الكونية. وتصبح النجوم المتقدّة قابلة لنفث إشعاعاتها بقسوة إلى الفضاء البارد. وتكون خلاصة هذه العمليات التى صنعتها الجاذبية أن فجوة الأنطروبيا تفتّح على العالم، الفجوة بين الأنطروبيا الفعلية وبين الحد الأقصى الممكن للأنطروبيا. ويكون تدفق ضوء النجم هى واحدة من العمليات التى تحاول إغلاق تلك الفجوة، ومن الناحية الفعلية، فإن كل مصادر الطاقة الحرة أو غير ذات المقابل بما فيها الطاقة الحرارية والكيميائية داخل الأرض، يمكن نسبتها إلى تلك الفجوة. وهكذا فإن الحياة تتغذى بعيداً عن فجوة الأنطروبيا التى أنشأتها الجاذبية. إذن يصبح المصدر المطلق للمعلومات والنظام متمثلاً فى الجاذبية.

وفى تعقب مصدر المعلومات إلى وراء وصولاً للجاذبية وللحالة المستقرة للكون فور الانفجار الكبير، نتركنا بدورها مع مشكلة «الدالية». كيف برزت المعلومات ذات المعنى فى الكون؟ وهذا السر يقترب من الصلة بأصل «التعقيد»، ويشكل واحداً من العوامل المُعرِّفة للحياة.

وينقسم العلماء عما إذا كان التعقيد يسلك سلوك المادة أو أن شأنه شأن المعلومات، أى عما إذا كان التعقيد الكلى فى الكون يظل دوماً كما هو عليه. بعض الباحثين يعتقدون بوجود قوانين للتعقيد، وإذا كانت هذه القوانين موجودة، فربما تصف لنا «كيف» لحالة بسيطة يمكنها أن تتطور طبيعياً إلى ما هو أكثر تعقيداً،

حتى لو احتوت على معلومات دلالية أو ذات معنى. وهذه الحالة عادة ما تسمى: «التعقيد الذاتي» أو «النظام الذاتي»، وسوف يكون لدى ما أضيفه في هذا المجال عبر الفصول التالية. وثمة علماء آخرون يناقشون أن «التعقيد» لا يمكنه أن يُستَحْضَر هكذا من وسط الهواء المحض، ولكن النظام المعقد لا ينشأ إلا من خلال نظام معقد آخر وعلى الأقل مماثل له في التعقيد. إلا أن الجاذبية المعقدة عادة ما تعطى فترات توقف مؤقتة تقسح خلالها المجال للتفكير، لأنها تظهر بالطبع وعلى نحو طبيعي من حالة مبدئية بسيطة.

ولكون الجاذبية من قبيل القوى الضعيفة، فإنه من الصعب تصور أنها تلعب هذا الدور المباشر في العمليات البيوكيميائية. ولو أن بعض الفروض من قبل الباحثين قد جرت على هذا النحو. فإن «روجر بنروز» "Roger Penrose"، الخبير العالمى فى الجاذبية والرياضى الأوكسفوردى، تَقَرَّرَ فى أن الجاذبية ربما تؤثر فى البيوكيميائيات عبر عمليات كميّة^(١٣). كما قارن الفيزيائى الرياضى «لى سمولن» "Lee Smolin" بين الحياة والجاذبية فى كتابه الأخير بعنوان: «حياة الكون» "The life of the Cosmos"، حيث طور فيه محاكاة أو مشابهة بين سلوك أنظمة الـ: ecosystems والمجرات الحلزونية الشكل أو ذات الحركة المغزلية وباسنلهم نماذج كمبيوترية عن النظام الذاتى، وجد أن ثمة توازياً مغلقاً فى عمليات استرجاع المعلومات feedback. وأعتقد أن الحياة بزغت فى عش صغير وبشكل تراتبى كنظام ذاتى التنظيم وبدأت فى بيئتها المحلية الطبيعية وتضاعفت منها على الأقل إلى مجرتنا^(١٤).

لو أن أفكار بنروز وسمولن كانت صحيحة وقد قيل عنها، إنها فقط تأملية جداً - فهي ربما تكشف عن رابطة بين خصائص الطريق الخطأ للديناميكا الحرارية والتي تميز كلاً من نظم الجاذبية والبيوكيميائية. وكان يمكنها إذن أن تفسر أصل الحياة كمسألة ترتبط تماماً وبعمق مع أصل الكون نفسه.

وفى خضم هذا المزاج التأملى، أود أن أضيف بعض الأفكار من عفوياتى. مفهوم المعلومات يظهر بوفرة فى عدة مجالات علمية مختلفة ليس فقط فى علوم الإحياء العضوى (البيولوجيا) والديناميكا الحرارية، ولكن أيضًا فى علوم الكمبيوتر، وفى عدة فروع أخرى للفيزياء. وعلى سبيل المثال فى ميكانيكا الكم، فإن الخواص الشبيهة بالموجات wave-like من المادة، توصف من خلال الرياضيات بواسطة دالة موجبة wavefunction، وهى تمثل كل شىء معروف عن النظام الذى تصفه مثل تقديم المحتوى المعلوماتى للحالة. وسوف أضيف المزيد عن هذا الأمر فى الفصل العاشر. إنما هنا أرغب فى الضغط على ملاحظة بأن السمة المميزة لوظيفة الموجة هى المسماة عادة باللامحلية nonlocality، إنها تنتشر عبر الفضاء وتصف علاقات غامضة تربط مع عناصر منفصلة بشدة علاقات عبر عنها أينشتاين بـ «علاقات شبحية» تجرى على البعد. وبكلمات أخرى فإن وظيفة الموجة ومحتواها المعلوماتى هى جوهر عالمى وليست كمًا محليًا، مثل كمية الحركة، أو الطاقة، أو الشحنة الكهربائية^(١٥).

ويظهر مفهوم المعلومات مرة أخرى فى النظرية النسبية، ولكن بطريقة مختلفة جدًا وغريبة جدًا. لقد طالما قيل بأن النظرية النسبية تمنع ارتحال أى شىء بسرعة تفوق سرعة الضوء. وهذا ليس صحيحًا، حيث تسمح بارتحال بعض العناصر بسرعة تزيد على سرعة الضوء (هذه العناصر الحدسية تسمى تاكيونات tachyons). والذى تمنعه النظرية هو انتقال المعلومات بأسرع من الضوء. والمشكلة هنا تتمثل فى أنه إذا استطاع «أ» أن يبعث بإشارة إلى «ب» بسرعة فائقة superluminal (اللومن مقياس لتدقق الضوء من مصدر ضوئى أو قياس سقوطه على سطح: المترجم)، فمن السهل أن نستنتج مفهومًا عامًا بإمكانية إرسال إشارات إلى الماضى، مُتَشِين بذلك المتناقضات التقليدية المتعلقة بالسببية. وهذه التناقضات لم نجى عبر إمكانية إنتشار الضوء فائق السرعة على هذا النحو: الضوضاء الأسرع من الضوء لا تهدد السببية، لأنها خلو من المعلومات ولكن

الإشارات الأسرع من الضوء (مثل المعلومات هنا) هي متناقضة بعمق بالغ. تخيل على سبيل المثال أن «الريموت» الإشعاعي، الذى يفتح باب الجراج الخاص بى، كان قابلاً لنقل الإشارة إلى الماضى، ونقل قبلها بيوم، فإنه يمكننى أن أضغ هذه الخاصة على قنبلة إشعاعية نشطة مُبرمجة على الانفجار إذا استقبلت أى رسالة من المستقبل. ما الذى يحدث لو أننى ضغطت على الزر «غذا؟» ستفجر القنبلة «اليوم»، مُحطمة معها الريموت نفسه، ولن أستطيع تنشيطه غداً. ولكن لو لم أوضاعه على الغد فإن القنبلة لن تتفجر. التناقضات من هذا النوع مألوفة جداً لدى المناصرين للخيال العلمى، والذين يهبون حياتهم له. والآن من حيث المبدأ، فإن زناد القنبلة لم تعد ثمة حاجة لأن يكون معقد الإشارات الإشعاعية.

وإنما يحتاج فقط إلى جسيم كمى وحيد يصدر عن جهاز الإرسال **transmitte**، ما دام النظام معداً بشكل صحيح للتجاوب مع ذلك الجسيم. وبكلمات أخرى إذا كان النظام مُنشأ بطريقة يكون فيها الجسيم المسئول هو إشارة لتقجير القنبلة، فنحن إذن نواجه متناقضة. ولكن الجسيم فى ذاته ليس مميزاً فالجسيم هو جسيم. ويصبح زناداً مفجراً للقنبلة أو متناقضة، إذا قام بنقل معلومات ما بين جهاز الإرسال والمستقبل. كأن نقول إنه المجرى الذى يرحل فيه الجسيم فى الزمن إلى الخلف، وهو ما ينتج المشكلة، والمجرى هنا مفهوم عالمى. لا يستطيع الجسيم فى حد ذاته أن يكشف عما إذا كان ينقل معلومات أو لا، إذ ليست هناك ميزة إضافية أو مضافة إليه محلياً (كما تفعل مثلاً الشحنة الكهربائية) وهذه الميزة نقول: «أنا أحوز معلومات».

وهكذا تقترح ميكانيكا الكم، ومعها النسبية بأن المعلومات هي كونية أو عالمية عوضاً عن كونها كمية محلية. حيث لا يمكنك ببساطة أن تفحص موقعاً فى الفضاء وأن تعيش المعلومات. فالذى تراه - جزيئاً على سبيل المثال - يصبح معلومات فقط فى مجرى عالمى صحيح. سواء كان أو لم يكن الجزيء ممثلاً لمعلومات هامشية أو تافهة أو مادة ذات معنى دلالى حقيقى. وربما تكون لها نتائج دراماتيكية مثل نموذج القنبلة الذى قدمناه هنا.

كيف لكل هذا أن تكون له صلة بأصل الحياة؟ إنها تقترح أننا لن نكون قابلين أو قادرين على تعقب أصل المعلومات البيولوجية وربطها بعمليات القوى الطبيعية المحلية وقوانينها. وبصفة خاصة الدعوى المتكررة - كبحث يشكل انقطاعاً مؤقتاً - والخاصة بأن الحياة مكتوبة في قوانين الطبيعة، فهذا لن يكون صحيحاً، لو أن هذه القوانين محصورة على النوع المؤلف الذى يصف التحركات المحلية والقوى المتقاربة أو المباشرة. علينا أن نسعى وراء أصل المعلومات البيولوجية في نوع من المجريات العالمية. لأنه قد يحدث أن تكون مجرد بيئة بسيطة، تلك التى وقع فيها الإحياء العضوى. ومن الناحية الأخرى فقد تتعلق المسألة بنوع أو طراز من القوانين الفيزيائية غير المحلية، والذى لم يتعرف عليه العلم بعد. وهذا الجلاء والوضوح يضع ديناميكات المعلومات في حالة ارتباك وحيرة مع ديناميكات المادة.

- (١) ترنيمة الحياة "A Psalm of Life" لـ: هـ. دبليو لونجفيلو "H.W. Longfellow".
- (٢) طبيعة العالم الفيزيائي "The Nature of the Physical World" لـ: أ.س. إيدنجتون (Cambridge "A.S. Eddington" University Press, Cambridge, 1928, p. 74.)
- (٣) القانون الثانى، الأنطروبيا السلبية، الديناميكا الحرارية للعمليات الخطية "The Second Law, Negentropy, thermodynamics of Linear Processes" لـ: أ.أى. زوتين "A.I. Zotin" فى الديناميكا الحرارية للعمليات البيولوجية Thermodynamics of Biological Processes الذى أشرف على تحريره آى لامبرشت "I. Lamprecht" و أ.أى. زوتين (de Gruyter, New York, 1978, p. 19)
- (٤) نهاية العالم: من وجهة نظر الفيزياء الرياضية "The end of the world: From the Standpoint of mathematical physics" لـ: أ.س. إيدنجتون "A.S. Eddington". (Nautre 127, 447, "1931").
- (٥) ما الحياة؟ "What is Life ?" لإيروين شرونجر. (Cambridge University Press, Cambridge, 1944, p. 81.)
- (٦) فكرة المقارنة بين الأنطروبيا لاثنتين من العضويات تعتبر فعليًا فكرة غامضة. ويمكن إعطاء تقويم أدق من خلال مصطلحات التعقيدات النسبية لتركيبهما الجينى. وهو ما يمكن التعبير عنه كمياً بما يسمى الأنطروبيا الحسابية نظام العد العشري (انظر الفصل الرابع). والأمر حينئذ أن العضويات الأعلى لها أنطروبيا حسابية أعلى (وليس أكثر انخفاضاً)، وفى ظل ذلك لا يتصادم مع القانون الثانى على أى حال.

(٧) نُشرت النسخة الألمانية في (Populare, Leipzig, 26, 1905) ويمكن الاقتباس من الترجمة الإنجليزية: التفكير فى «التعقيد» «Thinking in Complexity» لكلاوس مينزر Klaus Mainzer.

(Springer-Verlag, Berlin 1994, p. 82).

(٨) النظرية الرياضية للاتصالات "The Mathematical Theory of Communication" لـ: س. إى. شانون "C.E. Shannon" ودبليو. ويفر W. Weaver.

(University of Illinois Press, Urbana, 1949).

(٩) ربما يكون القارئ متشككا حول كيف يمكن قيام «اختيار» مثله مثل مقدمة للمعلومات، ولكن المعلومات فى معناها الأعرض هى مجرد إقصاء للإمكانات. وإذا كانت لنظام فيزيائى حالة إمكانية واحدة، فإننا لن نعرف شيئا من خلال البحث فيه. والمزيد من الإمكانيات هناك، هى أن ما نعرفه أكثر باكتشافه هى الحالة الفعلية. والاختيار الطبيعى يقضى على العضويات غير المناسبة، ويختار فقط نظاما جينيا معينا عبر إمكانيات كثيرة جدا. وكل الإمكانيات الأخرى يتم إقصاؤها. وهذا يعادل إضافة معلومات للنظام الجينى.

• والدور المفتاح لمفهوم المعلومات على جميع مستويات الحياة – بدءا بالجزيئات خلال الخلايا إلى حتى الأدمغة – مشروح بشكل شفاف ومشرق فى: وسيلة اختبار الحياة «The Touchstone of Life» لـ: ورنر لوينستين Werner Lowenstein.

(Oxford' University Press, Oxford, 1949).

(١٠) بعد استنتاج النظام المتسلسل للإنسان، أصبح واضحا أن ١٠٠,٠٠٠ جين هو بالأحرى تقدير مبالغ فيه.

(١١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان «Evolution from Molecules to Men» والذى أشرف على تحريره د.س. بندال «D.S. Bendall».

(Cambridge University Press, Cambridge, 1983, p. 127).

(١٢) خاصية «الطريق الخطأ» للجانبية يقترّب في ارتباطه بحقيقة أن طاقة الجانبية هي طاقة سلبية.

(١٣) العقل الجديد للأباطرة "The Emperor's New Mind" لـ: روجر بنروز "Roger Penrose" (Oxford University Press, Oxford 1989) وظلال العقل "Shadows of the Mind" (Oxford University Press, Oxford 1994).

(١٤) حياة الكون "The Life of the Cosmos" لـ: لي سمولن "Lee Smolin".

(Oxford University Press, Oxford 1997, p. 159).

(١٥) للقارئ الذي يرغب في المزيد من المعرفة حول «لا موضوعية الكم» وخواصه

الشاذة. انظر على سبيل المثال: الشبح في الذرة "The Ghost in the

Atom" لـ: بول دافيز "Paul Davies" (المؤلف) وجوليان براون Julian

Brown.

(Cambridge University Press, Cambridge 1986).

(١٦) لمزيد من التفاصيل حول كيف نُقيّم مثل هذه الحالات التناقضية، انظر: حول الزمن

"About Time" لبول دافيز (Viking London, 1995, Chapter 11).

الفصل الثالث

الخروج من الوحل

«إنك تعبر بدقة عن وجهات نظرى عندما تقول إننى تركت جانباً، وعلى نحو متعمد، السؤال عن أصل الحياة، مفتقداً للفحص الدقيق، كما لو أنه معادل لفيروس فائق فى مجال معرفتنا الحالية».

تشارلز دارون

. Charles Darwin^(١)

كان المرحوم الإيرل مونتباتن عن بورما Earl Mountbatten of Burma ابن عم الملكة إليزابيث الثانية مغرمًا بدعوى استطاعته تعقب سلالة الملكية إلى ما وراء العام ١٠٦٦، أى إلى ما قبل هزيمة النورمان Norman. ولعله أمر يثير الإعجاب والعجب على مستوانا جميعاً كمرآيتين خارج الأمر أو كأفراد من العامة، وهل تفعل أنتَ غير ذلك؟

إن ألف عام من التاريخ تشمل ما يقرب من ٤٠ جيلاً. والمعروف أن كلاً منا له والدان، وأربعة جدود وثمانية آباء جدود، وكلما عدنا جيلاً إلى الوراء، فإن رقم الأسلاف يتضاعف. وباستخدام هذه القاعدة، فيبدو أن ٤٠ جيلاً سوف تضع أمامنا ٢^{٤٠}، أو ما يقرب من تريليون من الأسلاف. وهذا الرقم يربو على عدد من عاشوا على الأرض منذ البداية، وحتى الآن وعليه يكون ثمة شيء خطأ فى العملية الحسابية.

والخطأ يكمن فى افتراض أن أسلافنا من البشر قد استمر انتشارهم فى الأرض على مدى الماضى طوال الوقت، كما تقترح أشجار النسب تلك. إلا أن الواقع يقول إنك عند تعقب شجرة نسب فى الماضى، فستجد أن خطوط الناس تتقاطع مع بعضها عند نقاط بعينها وأنها تعاود التقاطع مرة أخرى. وعليه فإن الجينات والدماء الملكية تنتشر وتصب عبر القارة، مما يجعلنا جميعاً أولاد عمومة بعيدة (أبناء عمومة دائرة كما نعبر عنها فى مصر: المترجم)، وإننى أيضاً تجرى فى عروقى دماء ملكية، ولست محتاجاً لمثل الإيرل مونتبانتن إلى توثيق المسألة والبرهنة عليها.

ومن خلال مزيد من الأفكار حول أشجار نسب العائلات نصل إلى نتيجة تظل غريبة، ليس فى أن الأنساب لم تنتشر بانتظام طوال الماضى، ولكن فيما يظهر أنها عند نقاط معينة من التاريخ بدأت فى التقارب والتجمع. ولعلنا نلاحظ أنه منذ مائة ألف سنة مضت لم تكن على سطح كوكب الأرض إلا حفنة من الـ «هوموسابينز» (الإنسان العاقل)، والذين انحدرت عنهم البشرية القائمة الآن كلها ومن دون استثناء. ونستطيع أن نقدر تلقائياً أن تنتهى كل التجمعات القائمة لسلف واحد هو ذلك البدائي الشبيه بالإنسان (وبالنسبة لمرجعية النساء على هذه الشجرة، فإن هذا السلف الواحد بالنسبة إليهن، قد يشار إليه من خلال حواء أفريقية African Eve، حيث يبدو قريباً للظن أنها عاشت هناك). وما هو أكثر من ذلك أن ما يصلح للبشر ينطبق بدوره على الأنواع الأخرى. ولبضعة ملايين من السنين قبل أن تبدأ حواء الأفريقية بأولى خطواتها عبر سهول السافانا الأفريقية قليلة الأشجار وقتئذ، فإن سلفاً مألوفاً لكل القردة والبشر سكن فى أماكن ما من الغابة الأفريقية. وهكذا بالعودة إلى الوراء إلى ما هو أبعد من الزمن، ستجد الأنواع على اختلافها تقسم علاقات تبادلية وبما يتناقض بما هم عليه الآن من تحديدات وتمايزات. بشكل واضح. ومن نصف بليون سنة مضت كانت إحدى الأسماك تمثل سلفاً لى، ومنذ بليونين من السنين كانت أسلافى مجرد ميكروبات.

ويمكن توظيف مثل هذا التسبب في كل الكائنات الحية بما فيها الشجيرة القائمة خارج مكتبي، والعصفور المتقافز عند شباكى إلى حتى «الفطر» (المشروم mushroom) النبات فوق المرجة المخضرة خارج المكتب. لأننا لو استطعنا تعقب شجرة أنسابهم لدرجة كافية فى الماضى البعيد، فسند أن أنواعهم المنفصلة تلك، سنشأبك فى النهاية مُشكَّلة متصلاً واحداً. ونحن يمكننا تصور أو تخيل شجرة نسب لكل ما هو حى فى يومنا هذا، أى نوع من شجرة نسب فائقة. وبصفة مطلقة، فإن أفرع هذه الشجرة الفائقة لا بد أنها ستتقارب أيضاً ليس فقط بدرجة قليلة، ولكن بدرجة كبيرة كلما ضاقت المسافة بين الفرع والساق الرئيسية للشجرة. وهذه الساق القديمة تمثل كائناً عضوياً واحداً وبدائياً، أعنى السلف العام لكل الحياة الأرضية: آدم ميكروبي الطابع، والذي تشكل مصيره فى تعمير الأرض وتأهيلها بالسكان عبر ذرية من عدد وافر عصيَّ على الإحصاء من الأخلاف^(٢). ولكن كيف لهذا الكائن العضوى الصغير الذى أثمر بلايين الأنواع من النرارى، أن يتواجد فى الأصل؟ وأين عاش؟ ومن الذى كان قبله؟

شجرة الحياة:

حول ربيع وصيف العام ١٨٣٧، وفور عودة تشارلز دارون Charles Darwin من رحلته الشهيرة على المركب هـ.م. إس بيجل HMS Beagle، شرع فى تشكيل وتأليف ما توصل إليه والذي أصبح بعدها النظرية المنسوبة إليه والخاصة بالتطور. وحول منتصف يوليو كانت أفكار دارون مازالت مبعثرة ومزاجه العام مضطرباً فى تلمس الطريق. وفى وسط العديد من ملاحظاته التى سجلها فى دفتر ملاحظاته والتى اتسم أغلبها بالتردد والانفعالية، إنما كان من بينهما كروكى تجريبى بسيط، والذي تبين وعلى نحو مفاجئ، أنه يشمل الفكرة المحورية، التى بدأت تتبلور فى ذهنه، التى كسحت أمامها بقية الأفكار. كان الرسم الذى وضعه لشجرة لها عديد من الأفرع الشاذة، ولكنها موحية بأنها ستتقل

لنا تاريخاً كاملاً لتسلسل نسب المزروعات والحيوانات: شجرة الحياة^(٣). وبشيء من المجاز فقد كانت بالفعل رائعة حيث نقلت لنا الفكرة الضرورية والأساسية في تأصيل الحياة عبر الماضى البعيد المعتم والغامض من خلال واقعة عضوية وفريدة. ومن خلال هذا السلف الوحيد العام والمشارك - ساق الشجرة - انقسمت الحياة وتوعدت خلال أزمنة طويلة، وعبر تفرع ناجح وأنواع جديدة تمخضت عن أنواع أقدم. ونهاية الأفرع مثلت انقراض وزوال بعض الأنواع، مثل الديناصورات وطيائر الدودو "dodo"^(*).

وجود مثل هذا الجذع الرئيسى أو ساق الشجرة هو نوع من التخمين، لأن دارون لم يكن محباً للأفكار المفرطة التعقيد ! حول استمرارية ظهور الحياة، منشئة غابةً متشابكةً من الحياة بدلاً من شجرة وحيدة. واليوم يعتقد البيولوجيون أن تخمين دارون كان صحيحاً بشكل أساسى: الحياة على الأرض انحدرت من سلف واحد وعام.

والذى يجعلهم متأكدين على هذا النحو، ثمة عدة أسباب جيدة للاعتقاد بوحدة وعالمية السلف. وفى البداية نجد أن كل كائن عضوى معروف يشترك مع الآخرين فى نظام فيزيائى وكيميائى عام. الطريقة الأيضية لدى الخلايا وكيف تنمو، وما الذى يفعله كل جزيء ومتى؟، وكيف يتم تخزين الطاقة ثم إطلاقها؟ ومتى يتكون البروتين **proteins** وما دوره؟ كل ذلك يتم بنفس الطريقة تقريباً لدى الجميع. وكذلك الطريقة التى تسجل بها الخلية المعلومات الجينية. ثم إعادة إنتاجها أيضاً من بين المشترك العام لدى الأحياء. وربما يكون أكثر الأدلة إقناعاً بوحدة الأصل وعموميته، هو أن التعليمات الجينية يتم تنفيذها عبر كود عالمى (انظر الفصل ٤). بل يصبح بعيداً جداً عن التصديق بأن كل هذه السمات المعقدة ونوات التخصص العالى الدرجة قد بزغت للوجود منفصلة عن بعضها على مرات كثيرة. وإنما الأكثر قرباً للتصديق هو أن هذه الخواص تمثلت فى الخلية العالمية القديمة والموروثة لدى الأخلاف الحالية.

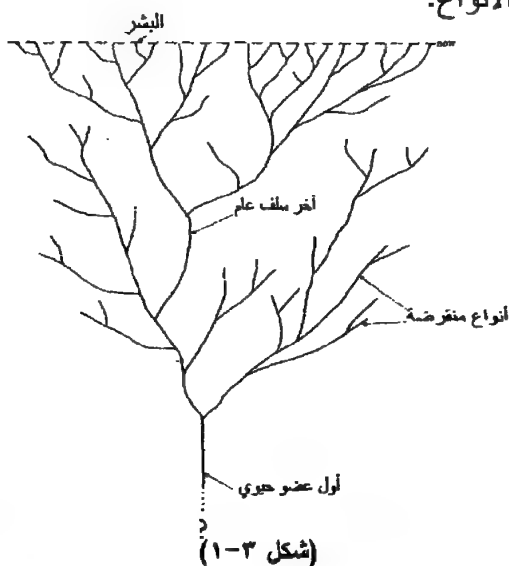
(*) طائر منقرض من فصيلة الحمام، ولكنه من حيث الحجم يفوق حجم الديك الرومى. (المترجم).

ويأتى دليل آخر على عمومية وحدة السلف، وهو هذا التدبير الصناعى للجزيئات فى إدارة شئونها والمعروف فنياً بالاقتصاد (لا زيادة ولا نقصان) والـ: "chirality"^(*). فكل الجزيئات العضوية ليست على نفس النظامية فى شكلها، حيث تعكس صورتها عبر المرآة (فرضاً) تبدو مختلفة كاختلاف اليد اليسرى عن اليد اليمنى (إذ ليهما ما يمكن تسميته: «عكسية الاقتصاد» الذى عتيناها "opposite chirality"، فالدنا DNA تلتف فى شكل حلزوني أو اتجاه يمينى، بينما صورتها المرآوية كأنها التفاف حلزوني متجه لليسار. ومع ذلك، فإن القوى التى تجمع هذه الجزيئات مع بعضها لا تفرق بين اتجاه يمينى أو يسارى لها، فلا قانون الطبيعة قد منع جزيء دنا يسارى الوجهة من القيام بدوره، ولا أحد وجد حتى الآن أيًا منها عاطلاً عن العمل. وبالمثل، فإن كل الجزيئات العضوية تحوز الخاصية نفسها الـ: chirality، سواء يمينية الاتجاه أو يساريته، وهذا ينطبق على كل الأشياء الحية، وهو ما يشير بدوره إلى أن الحياة تحثرت عن خلية واحدة كسلف لها، وتشتمل جزيئاتها على نفس الخاصية المشار إليها والموجودة إلى اليوم.

ومن المهم ألا يختلط علينا الأمر بين هذا السلف العمومى وأول شيء حى. ولتوضيح هذه النقطة، فإن الشكل (٣-١) يظهر مدى التشكل التخطيطى الطابع للحياة، كما تبدو لنا اليوم، وحيث يمكنك البدء من أى مكان مع فرع من الأفرع ثم تعقب جذوره، وحتماً ستصل إلى الجزع أو الساق الرئيسية. ولاحظ أن معظم الأفرع الأكثر انخفاضاً تمثل الحياة الأكثر قديمًا من ناحية خط النهاية. ومن ناحية الحقيقة، فإن أكثر من ٩٩٪ من كل الأنواع، التى سبق أن عاشت، قد اندثرت الآن وانقرضت. وإذا ما بدأت بقمة الشجرة (والتي تمثل الحياة اليوم) وتتبع الأفرع إلى أصولها المتأخرة العامة، وهى نقطة يمكن أن تضلنا، فإنك لن تجد قاعدة الفرع متصلة بالجذع الرئيسى على الإطلاق، ولكنها فوق وأسما من الأفرع الأدنى. وهذه الأفرع الدنيا تمثل الأنواع المنقرضة التى تحثرت عن أصول انقرضت بدورها. وعلى الجملة، وعلى نحو حرفى يمثلون النهايات الميتة فى شجرة الحياة.

(*) وهذه الكلمة تستخدم كمصفاة للجزيء وتعنى أنه لا يفرض انعكاس صورته فى المرآة. (المترجم).

ومعظم هذه النهايات الميتة كانت بلا شك كائنات تشبه الحياة الباقية حالاً من حيث حالتها البيوكيميائية. ومن المفهوم أيضاً، أن بعض الخلايا كانت تستخدم عمليات دخيلة أو غريبة والتي لا تعثر لها على مثيل في أى نوع حى حالياً. وعلى سبيل المثال فربما وُجدت ميكروبات توظف شفرة جينية مختلفة. وربما وُجدت هذه الأنواع الغريبة أنها فى حالة تنافس مع نوع حيوانى، وربما تم دفعها للانقراض لأنها كانت أقل كفاءة فى التأقلم. ومن الممكن ألا تكون كلها قد ماتت بالكامل. وربما تنزل أقدام البيولوجيين يوماً ما، عبر ميكروبات غريبة فى بيئة غير عادية فى مكان ما على الأرض، أو على المريخ، والتي يمكن أن تكون أحياء باقية من واحد من الأسلاف التى تمثلها الأفرع الأدنى فى شجرة الحياة. وهذا العالم الميكروبي المفقود ربما سيعطى العلماء فرصة هائلة لدراسة عمليات الأيض والجينات فى تلك الأنواع.



شجرة الحياة على نحو بالغ التبسيط، حيث نجد جذع الشجرة ممثلاً لأول شيء حى، وتمثل أيماننا الحالية الأفرع القمية فى الشجرة والتي من بينها الكائنات البشرية. والأصل المشترك العالمى للحياة الباقية بعد، يقع فى منتصف الشجرة تقريباً عند بداية شكلها الشبيه بالشوكة، والذى يصل بين أفرع الشجرة العليا.

أما الأفرع السفلية، فهي تمثل الكائنات العضوية التي لم تبقى لها أسلاف حية. والرسم على النحو الموضح قد بالغ في أعداد الأنواع البعيدة في مقابل ما بقي حياً من أنواع.

وبطريقة تنثير الفضول، ربما تحتوى عمليات الأيض (تمثيل الطعام) لدينا على بقايا غير ضارة لنظام بيوكيميائي بديل، نبيذته أسلافنا منذ أمد طويل، ولكن استبقته بطريقة مقدره حتى الآن، بعض العضويات الحية المنقرضة. وإذا كان الأمر كذلك، فستكون أجسادنا مشتملة على ذكرى خافية للحياة البديلة والتي انقرضت منذ بلايين السنين. وهذه الفكرة ليست تأملية على نحو ما تبدو عليه. فكثير من الخلايا (بما فيها خلايانا) تحتوى على وحدات إضافية معروفة باسم ميتوكوندريا "mitochondria"^(*). ومن المعتقد أنها بقايا آثارية لميكروبات كانت مستقلة ثم غزت الخلايا لتقتل ضيافتها الدائمة، وهي عملية تعرف بالتكافل أو التعايش بين مُعْضَيَّين غير متشابهين "symbiosis".

ولترى كيف يتم مثل هذا التعايش، تخيل معركة تقليدية بين الباكثيريا، سوف تهاجم الميكروبات آكلة قريناتها من دون شفقة، كما بين أسماك القرش والأسود في معركتهما من أجل البقاء. ومع ذلك فعلى مستوى الباكثيريا، فإن عمليات الهضم تتناظر مع عملية العدوى: (أ) ينتهى داخل (ب) فإذا ما انتصر (ب) ومات (أ)، فنحن نسمى هذا غذاءً وإذا ما انتصر (أ) وهلك (ب) نسمى الأمر عدوى. ومع ذلك فقد يحدث أن (أ، ب) يصلان إلى موقف يخرج فيه كل منهما الآخر كما يحدث في حالة وضع الشاه (الملك) في مباراة شطرنج في موقف حرج تمهيداً للقضاء عليه، ومن ثم يتوافقان على أن يبقيا معاً في حياة متكافلة، ليوفر كل منهما ما يفيد الآخر. وثمة حالات عديدة من هذا التكافل في الطبيعة مثل الحيوانات أو النباتات التي نسميها بالطفيلية "parasites". ونحن لن نحتاج للنظر إلى أبعد من نظامنا الغذائي

(*) وهى عبارة عن مكونات دقيقة داخل الخلية تأخذ الشكل الكروي أو العصوى وتعد من المراكز المهمة لتوليد الطاقة الناتجة عن أكسدة المواد الغذائية ومفردها «مُتَقَرَّة» "mitochondrion" (المرجـم).

الذى يعج بحشود كبيرة من الباكتريريا تساعدنا فى هضم الطعام وتمثيله. وفى الوقت نفسه تتعم هى بحياة جيدة. نحن إذن لا يمكننا أن نستمر فى الحياة من دون الميتوكوندريا التى تقوم بدور الوحدات المنشطة للخلايا.

هذا، والنظرية الخاصة بأن هذه الميتوكوندريات كانت فى السابق كافات عضوية مستقلة، يمتد عمرها لقرن من الزمان، ولكن أثبتت من جديد لتصدر الموقف فى أخريات الستينيات من القرن الماضى بمعرفة لين مارجوليس Lynn Margulis. وطبقاً للنظرية فقد استهلت حياتها، مستخدمة نظامها الأيضى وإعادة الإنتاج، على نحو مسالم مع الخلايا المضيفة. ومع تقدم الزمن فقد اقتضى التطور أن يسلبها الكثير من استقلالها الأصلي، ورضخت أنشطتها لصالح الخلية المضيفة، ومع ذلك احتفظت الميتوكوندريات ببعض من مادتها الجينية كذكرى خافتة لاستقلالها السابق.

ومنذ طبعت لين مارجوليس نظريتها، تنامت الأدلة المعصدة لها. والآن يبدو أن الميتوكوندريات ليست وحدها فى هذه الخاصية، فهناك غيرها يعيش داخل الخلية من تلك الكائنات الأنبوبية الشكل microtubules^(*)، والزوائد الشبيهة بشكل السوط whip-like flagella^(**) وغيرها، وكذا فإن النقاط الملطخة للأغشية التى تحمى الخلايا من التسمم الأكسجيني، يمكن اعتبارها كأثار ضئيلة متبقية من غزو الباكتريريا. وفى النباتات الخضراء، فإن الأجزاء منها المحتوية على الكلوروفيل، والتى تقوم بالدور الحيوى فى عملية التمثيل الضوئى (المقابلة للأيض فى المملكة الحيوانية)، يمكن بدورها أن تكون متحذرة عن الباكتريريا المعروفة بلونها الأزرق الداكن cyanobacteria. وعلى ذلك فإن بعض أفرع شجرة الحياة ربما تنتهى إلى خلط حياتها مع آخرين عوضاً عن أن تصل فى النهاية إلى فرع ميت أو منقرض.

(*) بنية أسطوانية الشكل (أو أنبوبية) تتواجد من مادة كثير من الخلايا، ويزداد عددها أثناء فترة انقسام الخلايا، كما يشكل عدد محدد منها ما يعرف بالأهداب الخلوية (المترجم).

(**) مستفيد هبى يوجد فى أهداب أو ما يعرف بسيوط الجراثيم المهيبة. (المترجم).

المبادئ الثلاثة للحياة:

عندما كنت فى المدرسة، علمونا أن الأشياء الحية تنقسم إلى مملكتين كبيرين: مملكة النبات ومملكة الحيوان. ولكن بعض الكائنات وحيدة الخلية كالأميبيا amoebae، فقد كان ينظر إليها كأشكال بدائية متخلفة وغير متطورة من الحيوانات، ومن المنظور نفسه كانت الطحالب أيضاً تعتبر نباتاً بسيطاً. كما لم يكن يتم تشجيع أى تساؤلات حول البكتيريا. وللأسف فقد تم تضليلنا. وفى عام ١٩٣٧ قُتِّمَت لنا خطة أفضل، حيث قسمت الحياة إلى مادة وراثية غير محاطة بغشاء نووى يحميها وتعرف باسم بروكاريوت prokaryotes، وأخرى محاطة بهذا الغشاء وهى الأعلى تطوراً وتعرف باسم إيكايريوت "eukaryotes" (*). والأولى منها تكون صغيرة بالنسبة للكائنات العضوية وحيدة الخلية التى تقفد جزيئات الخلية وبعض البناءات الأخرى المعقدة. إنها تشتمل على البكتيريا وتقوم الإيكاريوتات بباقى العمل. ولكن ماذا عن تكوينات تتألف مما هو أكبر وأكثر تعقيداً ككائن عضوى وحيد الخلية مثل الأميبيا، بالإضافة لكل الكائنات متعددة أو كثيرة الخلايا، والتى يمكن التفكير فيها كمستعمرات لخلايا الإيكاريوتات. ولو أن تكاثر متعددات الخلايا لم يبدأ إلا منذ حوالى ٦٠ مليون سنة، لقد مهدت تلك الإيكاريوتات الطريق إليها فى وقت أبكر من هذا.

(*) وقد أستخدم هذا المصطلح prokaryote لأول مرة بمعرفة العالم الفرنسى شاتون للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية لا يحميها غشاء نووى، وجينات المادة الوراثية فى هوىلى الخلية. وتقابلها أنوية ذات تطور على الدرجة وتكون مغلفة بأغشية نووية تحمى المادة الوراثية بداخلها وهى التى يسبق تسميتها بالحرفان eu، ويعنيان عند استخدامهما فى بداية الكلمات «الأفضل» أو «الأحسن». (المترجم).

إن الشجرة الموضحة بالشكل (٣-١) تخطيطية بالكامل، ومن حسن الحظ أنه يمكن عملها بوجه كمي آخر للمسألة حيث تظهر الفروق الجينية بين الأفرع. وذلك لأن الخلية عرضة لكى تتسخ أخطاء فى وقت إعادة الإنتاج، ومن الناحية المبدئية فإن الخلايا المتشابهة من الناحية الجينية، ربما تتدفع بعيداً عن تلك الأخطاء وذلك إلى حين تأخذ عملية التحويل أو التبديل فى الإحياء العضوى، طريقها للاستكمال عبر تتابع الزمن، فإذا ما تمت عملية التحور، فإن نوعاً جديداً يظهر. وكقاعدة عامة، فإنه كلما كبر عدد التغيرات بين نظامين من الجينات، بُعد وضع النوع فى شجرة الحياة. فعلى سبيل المثال تتشابه جيناتك بالتأكيد مع ما لدى من جينات، ولكنها أقل تشابهاً مع تلك التى لدى القروء، وتظل أقل بالنسبة لما لدى السلاحف، وكذا ما لدى حبة البازلاء من جينات. والفروق بين تركيبات أو تشكلات الجينات من الممكن قياسها بدرجة من الدقة من خلال تقنية تراتب البروتين فى الخلية، وأيضاً عبر الحوسبة الكمبيوترية والنسبة بين المواضع فى شجرة الحياة.

ومن الممكن مقارنة الإجراء نفسه مع دراسة تطور اللغات، فعندما استقر مقاتلو الفايكنج Vikings فى أيسلند Iceland ظلوا فى البداية يتكلمون بلغة أجدادهم الإسكندنافيين، ومع الوقت وقلة اتصالهم بباقي الأراضى الأوروبية، تأكد تحول أيسلند إلى تلك اللغة، حتى أصبحت الآن معتبرة كلغة منفصلة بذاتها، وأن ذلك يعتبر حقاً لها. ولكن لو عُدَّت للخلف خمسمائة عام، فإن الفروق لم تكن كبيرة. ودرجة التشعب أو الاختلاف بين اللغتين تعطينا مقياساً يدلنا على أى مدى تطورت كل من الأمتين بشكل مستقل عن الأخرى.

وقد أجريت دراسة منذ ٣٠ عاماً بشأن البروتين المسمى «سيتوكروم س»^(*): "cytochrome C" والذي يستخدمه العديد من الكائنات العضوية بما فيهم البشر. وكما سأصف الموضوع تفصيلياً بعد قليل، فإن كل البروتينات تتكون من

(*) وهو أحد أفراد عدد كبير من الأصيغة الحيوية الواسعة الانتشار فى الأنسجة الحيوانية والنباتية والتي تلعب دوراً مهماً فى عمليات الأكسدة وتعنى الإلكترونات. (المترجم).

وحدات جزيئية تسمى الحامض الأميني "amino acids"، والسيتوكروم C يتكون من مادة متنوعة إلى عشرين نوعًا منها تقريبًا. وبمقارنة تراتبات الحامض الأميني في السيتوكروم C المأخوذ من أنواع مختلفة، فإن تقديرًا يمكن إنشاؤه حول مُدَد التطور التي ارتحلت من نوع إلى آخر. ولكي أعطيك مثالاً متماسكًا، فإن السيتوكروم C البشرى يتماثل مع قرينه المأخوذ من الرئيس "rhesus" (وهو قرد هندي قصير الذيل: المترجم)، في ما عدا نوع واحد من الحامض الأميني، في الوقت الذي يوجد فيه ٤٥ فرقًا بين البشرى منه والمأخوذ من القمح. الكل تقريبًا يعلم بأننا البشر أكثر انتسابًا للقرود، بالمقارنة مع انتسابنا للقمح، وهذه الدراسة التي تحدثت عنها تطلعنا إلى أى مدى يكون ذلك. والنقطة المهمة في الأمر أنه، ولو أن ثمة فرقًا كبيرًا بيننا وبين القمح، إلا أننا نشترك معه بدرجة كافية. وبالنسبة لبناء جزيئات السيتوكروم C، فهي تؤكد أن لنا في البدء سلفًا مشتركًا.

وبشكل عام، فكلما ابتعد نوعان من الناحية الجينية، أعنى بهذا أنهما انقسما وتم تحولهما منذ أمد طويل في إطار شجرة الحياة. (ومن سوء الحظ أن عملية التحول التطورية هذه تستغرق أمدًا طويلة من الزمن)، وطالما أن الإحياء العضوى لا يقع بشكل له هيئة أو ترتيب معين في التاريخ. فإن تحديد وقائع بروز الأفرع، هو من قبيل الأمور الصعبة.

وفي أواخر سبعينيات القرن الماضى أُجريت أبحاث وطبقت بأسلوب منظومى على بروتين والحامض الجزيئى لميكروبات بعينها، كما خضعت لها أنواع أكثر تعقيدًا ومن رتب أعلى. وكان في مكان الريادة بين الباحثين في هذا المجال كارل وويز Karl Woese من جامعة إلينويز Illinois، إلا أن أبحاثه لم تترك إلا أثرًا قاصرًا أو قليل الأهمية. وكان البيولوجيون قبله، قد افترضوا بشكل طبيعى أن البروكاريوتات قد فاقت في أهميتها الإيكاريوتات لعدة بلايين من السنين، وأن هذا الوضع يجعل الأولى في مجال الزهو لانتسابها إلى الساق الرئيسية لشجرة الحياة المعروفة لنا. والاثتان معًا بشكل أساسى قد اعتراهما خلل

ما. إلا أنه وجد أنه ليس ثمة اشتقاق من مجالات الحياة، وإنما ثلاثة كبار. وهو ما عرف فيما بعد على أن البروكاريوتات تطوق مستويين متميزين عن بعضهما، من حيث التركيب الجيني للخلايا، مطلقاً عليها اسم. «إيباكتيريا» *eubacteria*^(*) وأرشي باكتيريا *archae bacteria*^(**). ومن قبل كارل فقد صنف الأرشى باكتيريا، على نحو خطأ، على أنها نوع غريب من سلالات الجراثيم. إلا أن كارل أظهر لنا أنه على الرغم من مظهر الأرشى باكتيريا المضلل باعتبارها تشبه الجراثيم، فإنها بمصطلحات الكيمياء العضوية مختلفة تماماً، كما يختلف الإنسان عن الديدان المعروفة باسم إى-كولى *E.coli*^(***).

هذا، واقتُرحت أبحاث كارل أن تعاد تسمية المجالات الرئيسية للحياة:

١. أرشيا *archaea* (وهى تفيد أن شيئاً فى بداية تشكله أو قديم - المترجم).

٢. باكتيريا *bacteria* (الجراثيم).

٣. إيكاريا *eucarya* (وتعنى النواة أو الخلية السوية بلا نقصان أو تَزِيد فى تركيبها - المترجم).

وقد انشطرت بعيداً عن بعضها منذ أكثر من ثلاثة بلايين من السنين، ومن ثم فإن هذا التشعب الثلاثى الأفرع فى شجرة الحياة قديم وعميق فى التاريخ، وربما وقع بعد بدء الحياة بقليل (انظر الشكل ٣-٢). وهذا هو الذى أبرز فوراً أهمية السؤال الذى لم يتم حله بعد عن كيف لهذه المجالات الثلاثة أن تموضعت على شجرة الحياة؟، وأياً منها كان الفرع الأسبق من غيره؟ وكان من أبرز الأدلة فى

(*) رتبة من الجراثيم تتألف من خلايا بسيطة غير متميزة كروية أو عصوية الشكل.

(**) جراثيم بدائية أو فى بداية تشكلها قديماً.

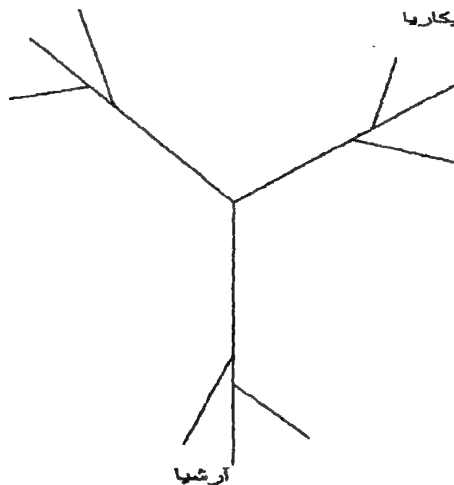
(***). واسمها الكامل *escherichia coli* ومسماة لدينا «إسكاريس»، وهى واحدة من بين ديدان عديدة تعيش فى أمعاء الثدييات، ولأنها تتكاثر عن طريق الانقسام البوغى فهى وافرة جداً (تتراوح أعدادها فى الغائط اليومى الأدمى ما بين ١٠٠ بليون و ١٠ تريليونات) ويكفى فى القضاء عليها وتثبيط تكاثرها الغليان البسيط أو البسترة (التعقيم)، وهى تتكاثر فى الأماكن للدافنة وتنمو فيها. (المترجم).

هذا المجال ما نتج عن أبحاث كارل ستيتز "Karl Stetter" من جامعة ريجنسبرج "Regensburg" بألمانيا، وكل من نورمان بيس "Norman Pace" وسوزان بارنز Susan Barnes من جامعة أنديانا^(٤) "Indiana" اقترحوا: برسم إيضاحي، كالذي يبدو بالتقريب في شكل (٢-٣).

وليس لدى البيولوجيين أى شك في أن مجالات الحياة الثلاثة يجمعها في الأصل سلف واحد. وبالرغم من الانقسام الحالي بين المجالات الثلاثة، فإن الطابع الجيني وأدوات أو أجهزة التمثيل الغذائي هي نفسها، كما يتشاركون في كثير من التخصصات المعقدة. ومن هذا يتضح أن الأصل العام لها جميعاً كان كائناً عضوياً غاية في التعقيد، وليس جوهراً بدائياً ظهر للوجود مؤخراً. ولقد أشرت في الفصل السابق إلى أن هذا السلف العام ليس هو أول من كان حياً. وإذا كان هذا الأخير على صلة ببث الحياة للمجالات الثلاثة، فلا شك سيكون موقعه عند القاعدة الحقيقية لشجرة الحياة.

باكتيريا

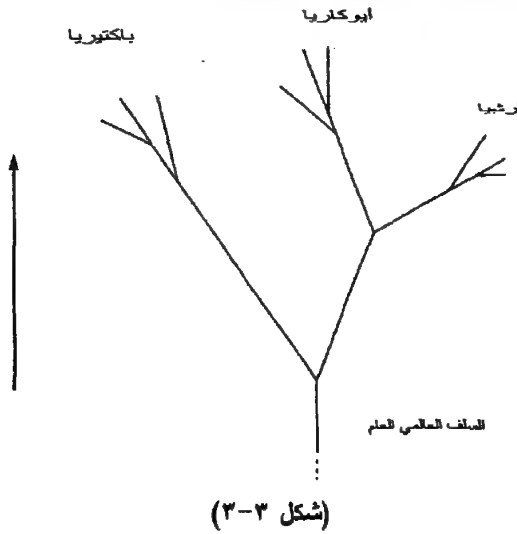
إيوكاريا



(شكل ٢-٣)

نقطة التتابع الجزئي تظهر أن الحياة الأرضية تنقسم إلى ثلاثة مجالات متميزة عن بعضها البعض، كل جزئيات الكائن العضوي، هي بالتحديد تابعة لمجال الإيوكاريا "eucarya".

هذا وقد أحدثت تقنية تعاقبية الجزيئات ثورةً في مجال دراسة الميكروبات، كما سلطت الضوء على غوامضٍ جديدة بشأن بدايات الحياة. ومن تأثيراتها مثلاً أن جعلت ثمة فائدة للأحفورات الجزيئية الكامنة في الخلايا الحية. كما تشير النتائج إلى امتداد تاريخ المجالات الثلاثة للحياة مع أعماق تفرعات في الأنواع، والتي وقعت عبر الثلاثة بلايين سنة الماضية، وكيف وقع هؤلاء الباحثون وما وجدوه، في خانة أو ساحة الأساليب التقليدية في النظر في أحافير الصخور القديمة.



أحد التحديات الكبرى لعلم الميكروبيولوجي يتمثل في موضعه أصل شجرة الحياة في اتصالها بالتشعبات الثلاثة التي رصدها مخطط الشكل (٣-٢). في الشكل عاليه فإن السلف العام (المشترك) يقع في مكان ما بين البكتيريا والآرشي.

أقدم أحفورة صخرية:

تعتبر منطقة البيلبارا Pilbara في غرب أستراليا واحدة من أعلى مناطق العالم حرارة، وأكثرها انعزالاً، وأقلها من حيث الكثافة السكانية. وعلى بعد حوالي

٤٠ كيلومتراً غرب مدينة ماربل بار Marble Bar يقع المسمى خطأ «السمات الجيولوجية للقطب الشمالى» *geological feature of North Pale*. وفى المنطقة الحافلة بالهضاب من هذا الموقع وفى عام ١٩٨٠، اكتشف طالب الجيولوجيا جون دنلوب John Dunlop أقدم أحفورة صخرية معروفة فى العالم. وبداية: فإنها لم تكن تشبه كثيراً الأحفورات. لا توجد هنا أصداف حجرية متبقية من بعض الرخويات المنقرضة ولا واحدة من المفصليات المنقرضة ثلاثية الفصوص، وإنما فقط بعض الهضاب الركامية الغربية. وهذه البناءات تشكلت حين ضمت الباكثيريا المائلة للزرقة جدائل من الحبوب المعدنية، تراكمت على بعضها طبقة فوق طبقة مشكلة سلسلة من الأكمات شبيهة بالوسائد *cushion-shaped*، وهى تماثل ما يمكن العثور عليه اليوم فى حالة تشكل على بعد ٥٠٠ كم تقريباً من القطب الشمالى عند ما يسمى خليج القرش Shark Bay على الشاطئ الغربى لأستراليا^(٥)، وهى أيضاً كانت قد تشكلت فى المادة التى ترسبت فى البحيرات البركانية الناجمة عن الأنهار الجليدية، والتى يُعتقد أن عمرها يرجع إلى ٣,٥ بليون سنة. وبعد عثور دنلوب على أحفورته بوقت قصير عثر فريق من الأحاثيين (علماء الأحفورات الأثرية) *palaeontologists* من كاليفورنيا يقوده ويليام شوب William Schopf على علامات أحفورات ضخمة منفردة لميكروبات لها نفس العمر الزمنى، بالقرب من تلال واراوونا Warrawoona^(٦). وبدأت هذه الأحفورات كأجزاء رفيعة من شعيرات مطمورة فى الصخر الصوانى غير النقى *chert*، ومال الاعتقاد أو الظن إلى أنها من الباكثيريا الزرقاء المتكونة فى بحيرة قديمة أدفأتها حرارة الشمس^(٧).

وبالاتجاه شمالاً من منطقة بلبارا، فإن أقرب مدينة معقولة هى مدينة دارون Darwin، والتى سميت باسم ذلك العالم العظيم. وكان دارون قد أصابته الحيرة للغياب الظاهر لأحفورات الفترة السابقة عن العصر الكامبريانى Cambrian، أى قبل ٦٠٠ مليون سنة مضت. كانت الأحفورات هناك بالفعل، ولكن قبل العصر

الكامبرياني كانت المخلوقات صغيرة لدرجة يصعب معها تعقبها وتحديد مواقعها بمعرفة صائدى الأحفورات العاديين. وحتى خبراء الأحاث المحترفين، والذين تعضدهم الحكومة (وزارة التقنية الفنية)، لم يكشفوا إلا عن مواقع قليلة تضم أحفورات صغيرة بحجم المايكرو micro أقدم من ٢,٥ بليون سنة، وظلت مستمرة فى مواقعها.

إذا كان قد تم تعريف الأحفورات المتناهية الصغر التى وُجدت فى واروونا على نحو صحيح بأنها باكتيريا زرقاء، فإن ذلك يعنى أن الحياة قد اكتشفت التمثيل الضوئى photosynthesis مبكرًا، منذ حوالى ٣,٥ بليون سنة مضت. والتمثيل الضوئى عملية كيميائية معقدة ومميزة، حتى إن الكائنات العضوية فى واروونا كانت بالفعل لها صلة بالأمر، وأن مزيدًا من بعض السلف البدائى قد عاش طويلاً قبل هذه الفترة.

ولكن هل تركت حقًا هذه الميكروبات أى أثر لها؟

الفرصة محدودة فى العثور على أحفورات صغيرة سليمة لم يسبق مسها فى منطقة غرب أستراليا. ومن حسن الحظ أن ثمة طرقًا حاذقة ورقيقة أخرى، حيث استطاعت هذه الأحياء العضوية أن تترك بصمات لها فى الصخور: بتبدل أو تغيير التركيبية الكيميائية. وعلى سبيل المثال ما يمكن لوحدة ذات طابع ecosystem^(*) فى منطقة بحرية ضحلة المياه وذات عمق قليل، أن ترصد ما يمكن أن تكون قد وضعت مواد عضوية فى الترسبات الكامنة فى القاع، منشئة طبقات من الرواسب الغنية بالكربون، فيما يشبه جبانة للميكروبات. وشئ من هذا، ربما هو الذى حدث فى التَشَكُّلات الأشبه بالأصفاة الحديدية فى إيسوا Isua بجرينلاند Greenland. حيث كان الرائد فى مجال دراسة التكوينات الكربونية لهذه الصخور هو مانفرد

(*) وتمثل إحدى ألوحدهات البيئية الموجود بها كائنات حية وتحيطها كائنات غير حية، لقياس ما بينهما من تآثر وتفاعل متبادل، وذلك فى بقعة محدودة. (المترجم).

شيدلوسكى **Manfred Schidlowski** من معهد ماكس بلانك للكيمياء بألمانيا، والذي استنتج من هذه الدراسات أن الحياة مُورست منذ حوالى ٣٠ مليون سنة، قبل أن تستقر حفريات بلبارا فى مكانها.

وقد جاء الدليل على الحياة من «إيسوا» عبر قياسات حذرة ودقيقة مع نظائر لها لمعرفة نسب الكربون. وذرة الكربون المعتادة تحتوى على ٦ بروتونات، و٦ نيوترونات، وعلى ذلك فهى تصنف كربون ١٢، ^{12}C ، بينما بعض الذرات تحتوى على ٧ نيوترونات بدلاً من ستة ولذا يتم تصنيفها: كربون ١٣، ^{13}C ، ومن الناحية الكيميائية هما متطابقان ويعرفان حالياً على أنهما نظيران. هذا وتفصل الحياة كربون ١٢ لأنه خفيف قليلاً وتفاعله أسرع، وكنتيجة لذلك فإن الحياة تميل لعزل الكربون الأخف، وبذلك تثرى أى ترسبات قد تتدفن فيها. أما الكربون ١٢ فى صخور بلبارا فقد كان أعلى بنسبة ٣٪ درجة، وفى إيسوا فقد كان أعلى بدرجة واحدة.

قاد مؤخراً جوستاف أرهينىوس **Gustaf Arrhenius** من معهد سكربس للأوقيانوغرافيا فى كاليفورنيا **the Scripps institute oceanography in California** فريقاً مزوداً بتقنية عالية لدراسة النظائر الكربونية والنسب بينها فى صخور إيسوا. وبتوظيف الميزة المعروفة والخاصة بمجس متناهى الصغر **micro** قادر على قياس الطيف، استطاع الباحثون تحليل كميات ضعيفة للغاية من الكربون فى حبيبات صغيرة إلى درجة ١٠ مايكرومترات من بين وزن ٢٠ تريليوناً من الجرام، وادّعوا بعثورهم على «توقيع» بما يعنى أثراً أو طبيعة للحياة. وكان قد تم جمع الصخور من جزيرة أكيليا **Akilia**، القريبة من إيسوا وتم نسبتها إلى، على الأقل، تاريخ يرجع إلى ٣,٨٥ بليون سنة سابقة^(٨). وهذا التاريخ يمكن مقارنته بعمر الأرض، ٤,٥٥ بليون سنة، والتى تحددت عبر قياسات النشاط الإشعاعى. فإذا ما كانت الحياة قائمة منذ ٣,٨٥ بليون سنة فإن هذا يعنى أن كوكبنا ظل مسكوناً طوال ٨٥٪ من تاريخه.

وربما توصف بحوث الأحافير المسجلة على أنها اقتراب يمثل أعلى ما هو سفلى **top-down** بالنسبة للبحث البيوجيني. وبدءًا بما هو معروف عن الحياة اليوم، فنحن نحاول نتبع الطريق الذي اتبعه التطور بالعودة إلى ماضى الزمان، وهبوطًا فى الحجم بالنسبة لأبسط الكائنات العضوية والآثار الأسبق زمنيًا، إلا أن التسجيلات تتلاشى فى ضباب الغموض. وفى وقت أسبق من ٣,٥ بليون سنة وقد يصل إلى ٣,٨ بليون سنة، قام أول كائن عضوى يسكنى كوكبنا فى مكان ما منه. ولكن أين؟ وماذا كان شكله؟ سوف أبرز هذه الأسئلة عندما أعود لطريق قمة ما هو سفلى فى الفصل السادس ولكن الآن أريد أن أعرج على البديل: الاقتراب لقمة ما هو علوى. والفكرة هنا هى أن نسأل ما الذى نعرفه من أحوال الأرض الشابة ومشارطاتها، وبعدها نحاول أن تبني الوقائع الفيزيائية والكيميائية التى ضغطت الزناد وأشعلت بدء الحياة منذ هذه السنوات التى مضت.

تلقائية أو عفوية التكاثر:

من المعروف أن العلم يرفض المعجزات، حتى ولو كانت قد وقعت بالفعل. وبالرغم من حقيقة أن الأحياء الجينى يبدو للبعض نوعًا من الإعجاز الفعلى، فإن نقطة البدء فى أى بحث علمى يجب أن تكون افتراض أن الحياة بزغت على نحو طبيعى، من خلال تتابع من عمليات فيزيائية عديدة. وعلى الرغم مما يبدو أقرب لعدم عثورنا مطلقًا على ما يفيد ما الذى وقع بالضبط، فربما نستطيع الاستدلال على طريق كيميائى ظاهر التصديق أو الوثوق به يودى بنا من العمليات الكيميائية البسيطة إلى الحياة. بالطبع ربما هناك طرق عديدة مختلفة للحياة كما نعرفها، وعدة أشكال بديلة لها. ومن المفهوم أن العلماء سيكونون قادرين يوماً ما على إنشاء حياة من نوع ما فى المعامل، هذا يؤكد اقتناعنا بعدم الحاجة إلى معجزات.

ومع ذلك نظراً لافتقارنا للمعلومات وجهلنا بها حالياً فإن كل ما نأمل، هو قليل من العلاقات أو الإشارات لمفتاح الخطوات الكيميائية التي قد تكون على صلة بالأمر. وبعض الناس يرون أن مجرد الإشارات أو العلامات تعتبر غير ذات جدوى، وأن الموضوع يعد أكثر عمقاً ومشهدية ليستحق حث المضى فيه. وهذه نظرة أعتبرها ضيقة وقصيرة. ربما ظل البحث في أصل الحياة مفقوداً معلومات ذات قيمة، حتى في غياب تقدير تفصيلي لكيف بدأت الحياة بالفعل. وبصفة خاصة فربما نكون قادرين على إجابة السؤال عن كيف يشبه أو لا يشبه أن تكون الحياة تلقائية أو عفوية. وإذا ما أصبح ذلك أكثر احتمالية، فإننا نستطيع القول بأن تكون الحياة قد ظهرت في مكان آخر من الكون أيضاً. وعلى الناحية الأخرى فإذا ما كانت الخطوات الكيميائية قد أصبحت غير محتملة الحدوث بدرجة عالية، فسكون وحدنا في هذا الكون.

وأياً ما كانت حقيقة العمليات المتتابعة الكيميائية فلا بد أن الحياة تشكلت كنتيجة لنوع ما من التركيب التشابهي الذاتي للجزيئات. ومصطلح التركيب الذاتي هذا *self-assembly* يبدو أنه ينضوى بدوره على حلقة سحرية، ولكنها ملحوظة مألوفة لدرجة الابتذال. ذلك أن المجرات والبلورات تظهر أو تبرز للوجود من خلال التجميع أو التركيب الذاتي، وهذا على سبيل المثال وليس الحصر، وأعني أنهما ينشئان نفسيهما من حالة سابقة مبدئية تنسم باللا نظام وافئقاد السمات. وليس ثمة قوى حاسمة تدير أو تقود محتوياتها إلى الشكل النهائي. وإنما فقط تقوم بذلك عمليات الفيزياء العادية. ولذلك يفترض البيولوجيون أنه يمكن تطبيق ذلك في مجال الحياة حتى ولو كانت أبسط أشكال الحياة، هي بذاتها في غاية التعقيد.

ومعتقد التكاثر التلقائي هذا، له تاريخ طويل يرجع على الأقل إلى أفلاطون *Plato*. وفي القرن السابع عشر ساد الاعتقاد بأن كثيراً من أنواع الكائنات الحية يمكن أن تتكاثر من جديد في ظل الظروف الملائمة، وعلى سبيل المثال كان يعتقد أن الفئران الناضجة يمكن أن تنشأ من كومة من الملابس الداخلية المتسخة أو القمح^(٩).

كما أن هناك وصفات أخرى مفضلة مثل الشرابات القديمة واللحوم المتعفنة والتي تظهر فيها، وبشكل وافر، أنواع من «القمل والهولم» وأيضًا اليرقات.

واليوم تبدو هذه القصص على درجة من السخف، ولكنها استدعت أن يقوم عالم في مقام لويس باستير **Louis Pasteur** بحسم الأمر. ففي عام ١٨٦٢، وفي مناسبة الاحتفال بجائزة عامة أقام باستير عدة تجارب حذره ليستدل منها على أن الكائنات العضوية لا تأتي إلا عبر كائنات عضوية أسبق. أما الكائن العقيم غير المثمر، هكذا ادعى، فسيظل أبدًا كذلك. وأضاف مفتخرًا^(١٠) «لن يشفى أبدًا معتقد التكاثر التلقائي أو العفوى من الضربة القاضية التي وجهتها له هذه التجربة البسيطة!».»

ومع أهمية هذا الاستعراض للأمر، فإن النتيجة التي توصل إليها باستير وقعت في تناقض مع نظرية دارون عن التطور. مجلده الأشهر وذائع الصيت «أصل الأنواع» **"The Origin of Species"**، والذي نشر قبل ثلاث سنوات من إجراء باستير لتجاربه، ذهب دارون إلى رفض التصديق بالحاجة إلى معجزة لخلق أو إنشاء الأنواع، من خلال إظهار كيف يتحول النوع إلى نوع آخر. ولكن تقديرات دارون تركت الباب مفتوحًا لمشكلة كيف بدأت الحياة في المقام الأول. ومن دون وجود الحياة بشكل دائم، فعلى الأقل هناك نوع واحد والذي كان في البدء فهو إذن لم يجرى من تحوله من نوع أسبق، وإنما فقط بالتحول من مادة غير ذات حياة. وقد كتب^(١١) دارون بنفسه بعد عدة سنوات «لم ألتق بأى دليل يستحق أن يصادق على الفكرة المسماة: التكاثر التلقائي». وبعدئذٍ فإنه فى غياب الدليل فإن أصل الحياة يكمن فى نوع من التكاثر التلقائي. ومع ذلك، فإن نظرية دارون فى التطور، وأيضًا نظرية باستير القائلة بأن الحياة تولد من شىء حى بدوره، كليهما لا يمكن وصفهما بأنهما قد كُتبتا بشكل جيد.

دارون نفسه كان إلى حد ما يضع مسألة أصل الحياة هذه فى درجة متساوية مع بحثه فى التطور (انظر الاقتباس فى مستهل هذا الفصل)، ولكنه أعطانا بذرة

هذه الفكرة فيما كتبه عبر رسالة شهيرة تخيل فيها^(١٢) بركة صغيرة دافئة تحتوى على كل أنواع الأمونيا ammonia، والأملاح الفوسفورية phosphoric salts، والضوء، والحرارة، والكهرباء... إلخ، وربط بين هذه البركة وعملية التخمر التي تكون قد وقعت، وعبر فترات هائلة من الزمن، ربما تكون الحياة قد تشكلت من عمليات كيميائية معقدة. ونتيجة هذه المناظرات تأجل التفكير في هذا المنحى من الموضوع لقرن تالٍ من الزمان.

فى ذلك الوقت تعرضت فكرة بزوغ الحياة تلقائياً من خليط كيميائى غير حى لنقد عنيف من قبل الثيولوجيين، وحتى من قبل بعض الفيزيائيين، حتى إن الإنجليزى البارز لورد كيلفن Lord Kelvin استبعد الفكرة كلها^(١٣). «باعتبارها تأملاً قديماً» وعبر عن رأيه: «أن العلم قد قدم لنا كمية هائلة من الأدلة الاستدلالية، والتي تقف ضد هذه القضية». ومعلناً رأيه - من دون أى لبس أو محتوى له معنيان - «بأن المادة غير الحية لا يمكن أن تصبح حية، دون الخضوع لتأثير مادة حية أسبق منها». وهذا لا يدع لنا سوى خيارين، إما أن الحياة كانت دائمة الوجود، وإما أن ظهورها كانت وراءه معجزة.

ولم يتغير الأمر إلا قليلاً، حتى جاءت العشرينيات من القرن الماضى ومن خلال أعمال ألكسندر أوبارين Alexander Oparin فى روسيا، و ج.ب.س هالدين "J.B.S. Haldane" فى إنجلترا، إذ استطاع كلاهما أن يميزا أن من السذاجة أن نقترح نشوء الحياة فجأة عبر عملية واحدة ومنفردة كرد فعل مدهش لها. ولقد أخذوا مفتاح الفكرة من داروين، باقتراضهما أن الأمر قد استغرق فترة تطور طويلة اقتضت تتابعاً لعمليات كيميائية متدرجة أدت لظهور أول ميكروب وأثناء هذه المرحلة القبل بيولوجية، فإن شيئاً تحديداً قد حول بنجاح خليط من الجزيئات إلى تركيب أكثر فأكثر تعقيداً كرد فعل، حتى حدث فى النهاية نشوء السمات الأساسية لكائن عضوى حى.

وفضلاً عن «بركة» دارون الصغيرة، فقد تصور هالدين كل محيطات الأرض كإطار للأحداث، حيث تقوم الأمطار بتبليد المسطحات القاحلة، والتي بالتالى تغسل كل ما هو كيميائى الأسلوب دافعة به إلى البحر، ليتركز هناك حتى إننى سأستخدم العبارة التى صرح بها هالدين: «أن يصل السائل إلى حالة (شورية) مخففة بالماء ومتماسكة». وقد أمسك الآخرون عليه هذه العبارة وصكوها فى عبارة «الشورية الأصلية أو الابتدائية» "the primordial soup" منذ ذلك الحين.

وتعددت التتوعات عبر السنين التى ناقشت ماذا وأين كانت هذه «الشورية». هل كان المحيط هو المعنى، أو مجرد بركة كما اعتقد دارون؟ هل كان كهفاً مستتراً أو كان نفقاً تحت سطح الأرض؟ وماذا عن نبع ماء حار لدرجة الغليان أو فتحة بركان تحت قاع البحر؟ أو قطرات صغيرة من الماء احتجزها الهواء وتركها معلقة؟ ربما أيضاً لم تكن «الشورية» فى أى موقع على الأرض إطلاقاً، وتولدت داخل مذنب أو كوكب صغير. كل هذه الأفكار تم اقتراحها بجديّة وظل أغلبها كوسيلة ربط محضة. ورغم أن هذه الآراء تختلف كلية عن بعضها البعض، فإنها تتشارك فى أمر واحد، فهى جميعاً تتطلب سائلاً مائياً ومزيناً بجواهر ملائمة فعلية، وانكشف أو تعرض لمصدر طاقة، ليقود ردود الفعل أو التفاعلات الكيميائية إلى الأمام.

وكان لهالدين وأوبارين رأى مختلف عن التتابع الحقيقى للأحداث، ويطوق عملية الانقسام فى الموضوع، والذى ظل باقياً حتى اليوم. وحيث يتعلق الأمر بمدى المعلوماتية لدى الخلايا. كل الكائنات العضوية المتناهية الصغر تكون منفصلة عما يحيطها بغشاء (حيوانى أو نباتى) أشبه بالحائط الحافظ للخلية، إذ سيكون بالطبع من الصعب تخيل حياة من دون أسوار محيطة من نوع ما. والسؤال هو أين برز هذا البناء الخلوى: قبل أو أثناء أو بعد الخطوات الكيميائية المبنيّة؟

بينما ركز هالدين الضوء على كيميائية «الشورية»، كان أوبارين أول من نادى بالخلية. وكان متأثراً أو لديه انطباع بأن العناصر الزيتية لا تختلط بالماء،

وأحياناً ما ينتج عن الخليط نوع من المادة العالقة تعرف بشكلها المكافئ للشكل العنقودي coacervate، وحيث يطفو الزيت مجتمعاً في قطرات رفيعة وصغيرة. هذه «الفقايع» الزيتية تشبه من حيث مظهرها الخارجى الخلايا البيولوجية. لقد افترضت نظرية أوبارين أن البناء الفيزيائى للخلايا لا بد أنه جاء أولاً، وزُوِّد بوعاء خاوٍ، تستطيع فيه الجزيئات أن تستمر في أعاجيبها. وهذه الفكرة لها قدر من الجاذبية لأن هناك كثيراً من العمليات الفيزيائية (ليس فقط الزيت فى الماء)، والتي تنتج عنها حويصلات أو بثرات من نوع ما. وأيضاً فالخلايا السائلة أو النقاط أو القطرات يمكن أن تصبح غير مستقرة وتتشرط إلى اثنتين، منتجة شكلاً بدائياً من إعادة الإنتاج. ولو أن حقيبة مملوءة بالعناصر الكيميائية تضخمت، ثم انشطرت إلى أجزاء، فإن كل «ابنة» للحقيبة الأصلية سوف ترث الخليط الكيماوى لتلك الحقيبة. وقد يكون هذا كافياً لعمل نوع بدائى من الاختيار الطبيعى، ومهما كان الغشاء الحيوانى أو النباتى، فإنه يحتاج لأن يكون لديه بعض من الخصائص المميزة قبل أن تحبس الجزيئات المؤازرة للحياة داخل الخلية، ولكن تسمح بأن تمر إليها المواد الأولية التى تحتاج إليها من خارج الخلية.

إن فكرة أوبارين بشأن تأصيل أو تجذر أصل الحياة فى تشكل الخلايا، تعكس جزئياً حالة المعرفة فى تلك الأيام، لأن العلماء فى ذلك الوقت كانوا لا يزالون يناضلون فى حل مسألة عمليات الأيض، والدور الذى يلعبه البروتين فى الخلية، بينما لم تكن لديهم أى فكرة ولو ضبابية عن طبيعة الجينات، حيث لم تكن معرفة البيولوجيا الجزيئية وتركيب الدنا قد قامت وقتئذ. ربما من الطبيعى أن يؤكد أوبارين الوجه الجينى للحياة، وأن يتوجه اهتمامه للهئية الفيزيائية التى عليها الخلايا - تشكلها وبنائها - والتى كانت مفهومة له على نحو أفضل. وهذا لا يجعل النظرية الأولى للخلية خاطئة، ولكنه فقط ينذرنا بأننا عندما نضع ما نعرفه فى مركز الاهتمام دون سائر المعلومات الواجب البحث عنها، فإن ذلك يشبه مخاطرة وضع العربة أمام الحصان.

وقد أصبح التنظير فى مجال أصل الحياة يحتل المشهد كله فى عشرينيات القرن الماضى، حيث أعطى البعض الأهمية الواجبة لأفكار كل من أوبارين وهالدين. وحيث قام أحد الكيمائيين الأمريكان هارولد أوراي «Harold Urey» والذى كان مقدرًا له الحصول على جائزة نوبل فى أحد الأيام لاكتشافه الهيدروجين الثقيل «deuterium»، حيث لاحظ أنه قد يكون ممكنًا اختبار النظرية القائلة بـ «الشورية المبدئية» فى المعمل. وبعدها بعدة سنوات. وبالتحديد فى عام ١٩٥٣ قام بهذه التجربة الاختبارية بالفعل.

إعادة إنشاء «الشورية» البدائية أو الأصلية:

كانت تجربة أوراي المحققة بها خلافة من حيث بساطة مفهومها. لقد فكر فى توفير الظروف التى تصوّر أنها كانت سائدة فى كوكب الأرض البدائي، ومراقبة ما سوف يحدث. لقد كان عليه أن يخمن ما كانت عليه الأرض منذ بلايين السنين. معتبرًا أن وجود الماء السائل هو بمثابة رهان عادل، ولكن تركيبة الجو لم تكن معلومة له. ولتقرير أى من الغازات الواجب استخدامها، اقترح أوراي بأن جو الأرض حاليًا لا بد أنه تعرض للنحسن الهائل بفعل الحياة وبسببها، وبصفة خاصة فإن احتواء الجو الأكسوجين، يرجع لعملية التمثيل الضوئى فى النبات. وهكذا استبعد الأكسوجين. وبالفعل كان هذا اختيارًا عاقلًا. ومع أن الناس جعلت للأكسوجين دورًا مساهمًا فى الحياة، فهو فعليًا عنصر خطر يدفع الحياة للتآكل بمعنى أنه يحترق فيها، وبالتالي يمثل تهديدًا لمعظم الجزيئات العضوية وقادر على تحطيمها بسرعة (ولا بد أن يعرف ذلك أى مشعل لحريق). إذا ما كان طور الحياة قبل العضوية، كان كما تصوره كل من هالدين وأوبارين فلا بد أن الأجواء كانت خالية من الأكسوجين الحر. وبناء على كل ذلك قرر أوراي أن يستخدم خلطة من الميثان «methane» (غاز المستنقعات والمناجم) والهيدروجين «hydrogen» والأمونيا «ammonia».

ولمساعدته فى التجربة وَظَّف أوراى طالبًا شاباذكيا يدعى ستانلى ميللر Stanley Miller كان يتلقى العلم فى جامعة شيكاغو. وقد بدأ عمله بأن ملاً قارورة بالغازات المختارة، بالإضافة لقليل من الماء وأحكم إغلاقها ومرر فيها شرارة كهربائية لتشبه تأثيرات الضوء على العملية، وخلال الأسبوع الذى تلى ذلك عَمَدَ إلى مراقبة الأمر، واندش لملاحظته أن دورة الماء داخل القارورة تحولت تدريجيًا إلى اللون البنى - المشوب بالأحمر "reddish brown". وكان ميللر فخورًا مبتهجًا حين صرح: «فيما يبدو أن هذه التجربة البسيطة قد نجحت فى إنتاج ما يشبه الشورية البدائية». وعكف على تحليل السائل وبالتأكيد وجد أنه يحتوى على عدد من العضويّات الكيماوية المعروفة بالحامض الأمينى amino acid. وهو ما يمثل أحجار بناء البروتين، ويعتبر من العناصر التى لها قيمة فيما يتعلق بكل الحياة الأرضية.

أستقبلت نتائج ميللر بحرارة بالغة باعتبارها الخطوات الأولى على طريق إنشاء الحياة فى «قارورة اختبار»، ولقد كان معقولاً أن ينتج الحامض الأمينى فى أسبوع، ولك أن تتخيل ما يمكن أن يحدث لو أن التجربة استغرقت وقتاً أطول. ربما ببساطة تكون مسألة وقت قبل أن يبدأ كائن حى فى الزحف من وسط هذا الحساء ذى اللون البنى المائل للإحمرار. والخلاصة التى انتهى إليها كثير من العلماء هى أن إنشاء الحياة لا يحتاج إلا قليلاً من الكيماويات العادية، فضلاً عن مصدر للطاقة.

وأخيراً، فإن النشاط الذى أحاط بتجربة ميللر/ أوراى استحال إلى اعتباره تجربة مبتسرة، وذلك لعدة أسباب متنوعة. ففى رأى الجيولوجيين أن الجو وقت البداية لا يماثل المزيج الذى لجأت إليه التجربة فى قارورة ميللر. إذ من المحتمل أن الأرض اختلف جوها عدة مرات خلال البليون سنة الأولى من عمرها، وليس متصورًا أن الميثان والأمونيا قد توفرا كثيراً فى هذه الأثناء. ولو أن الأرض حازت فى جوها «هيدروجين» بشكل حقيقى، فهو لم يدم طويلاً، وباعتباره من

أخف العناصر، فكان لا بد له أن يتطاير في الفضاء، ولقد اختار أوراي هذه العناصر لأنها جميعاً تحتوى على الهيدروجين. والكيميائيون يسمون هذه الغازات مختزلة **reducing**، أو تعمل على مبدأ «الإنقاص» وهو المضاد «للاأكسدة» **oxidation**، ولأن كل العضويات غنية بالهيدروجين، فإن جواً متحولاً فى اتجاه الإنقاص يكون لازماً لإنتاجها. ومع أن التخمين السائد للجو الباكر للأرض هو أنه ليس مختزلاً ولا مؤكسداً أيضاً، بل إنه كان خليطاً طبيعياً من ثانى أكسيد الكربون **carbon dioxide** والنيتروجين. وهذه الغازات لا تُمنح أو تُعطى الحامض الأمينى بسهولة أو بسرعة.

والسبب الثانى فى إلقاء نوع من الشك حول معنى تجربة ميللر / أوراي يتمثل فى أن الحامض الأمينى فى الحقيقة، ليس من الصعب إنتاجه أو صنعه. وثمة تجارب متنوعة ناجحة تم القيام بها حيث استبدلت الشرارة بأتون متأجج، أو مصباح أشعة فوق البنفسجية، أو غازات صادمة أو خليط كيماوى مشحون بالطاقة. وعليه فقد أصبح صنع الحامض الأمينى من الأمور العادية وهو فى الواقع يحدث طبيعياً فى الشهب وحتى فى الفضاء الخارجى.

هناك أيضاً سبب مبدئى حول لماذا لم تعد تجربة ميللر / أوراي تستحق ما كان لها يوماً ما؟ حيث من الخطأ الحقيقى أن ننظر للطريق إلى الحياة وكأنه يأخذ هيئة الطريق السريع **highway**، بحيث يؤدي بمرور الزمن مباشرة إلى «حساء كيماوى». ربما تكون الأحماض الأمينية بمثابة أحجار البناء للبروتين ولكن ثمة عالماً كاملاً من الفروق بين أحجار البناء وبناء مُركَّب. لأن مجرد اكتشاف كومة من الأحجار لا يضمن أن هناك مبنى خلف الناصبة، وعليه فإن مجموعة من الأحماض الأمينية أمامها طريق طويل جداً، بعيداً عن الجزيئات الكبيرة والمتخصصة مثل البروتينات التى تتطلبها الحياة.

وثمة عائقان كبيران يقفان فى طريق التقدم إلى الحياة فى «حساء بدائى». واحد منها أنه فى معظم السيناريوهات يبدو الحساء مخففاً لدرجة كبيرة لا يتسنى له

معها أن ينتج لنا الكثير. محيط هالدين الواسع من الحساء سيكون مخففاً للغاية، بحيث لن يتسنى له جمع المكونات الصحيحة في نفس المكان وفي وقت واحد ومن دون بعض الآلية لتركيز شديد في الكيمائيات، فإن تخليق للجوهرات المعقدة يصبح من قبيل الآمال البعيدة، وثمة مقترحات تنسب للخيال قُدمت في مجال تكثيف أو زيادة ثخانة السائل المخمر، فمثلاً بركة دارون ربما تتبخر وتتصاعد أبخرتها إلى الفضاء، تاركة نفاية أو زبداً ذا كثافة كافية. أو ربما تستطيع السطوح المعدنية مثل «الطين» أو «الصلصال» أو «الوحد» أن تحصر للكيمائيات المارة عليها في شكل سائل متوسط الكثافة وتقوم هذه السطوح بتركيزها. ومع ذلك، فإنه ليس واضحاً تماماً إذا ما كان أى من هذه الاقتراحات يمثل الواقع إزاء الحياة الفعلية على الأرض في بواكيرها. كما أننا لم نصادف حالة أشبه بالمرقة أو الحساء احتفظت بها الصخور لتكون هادياً لنا في طريقنا الوعرة.

أما العائق الثاني فهو أكثر عمقاً ويعود بنا إلى القانون الثاني للديناميكا الحرارية. ولتستعد في ذهنك كيف يصف هذا القانون الميل الطبيعي للفناء أو التلاشي التدريجي، وللفساد، والابتعاد عن نشر النظام والتعقيد وشم: فإن تركيب أو اصطناع جزيئات بيولوجية «تسبح ضد التيار»، من زاوية الحديث بمفهوم الديناميكا الحرارية، ولأول وهلة يبدو أن هذا يؤدي إلى تناقض. والحقيقة أنه لا صراع أو تضاد مع القانون الثاني ذاك. وكما شرحت في الفصل الثاني، فإن النظام قد يظهر في مكان، مادامت توجد كميات أكبر من اللا نظام، أو الأنطروبيا في البيئة المحيطة. وهذا هو ما يحدث عندما تتشكل بللورة أو كريستالة خلال السائل المذاب، لأن الكريستال الصلب هو ترتيب نظامي للذرات على غير الحال في ذات السائل، وعلى ذلك فهو (الكريستال) لديه أنطروبيا أقل. ومع ذلك، فإن تشكل الكريستال يصاحبه تحرير للحرارة التي تتبعث في البيئة وهو ما يؤدي إلى مزيد من الأنطروبيا. وهكذا فإن الحقيقة الثانية تفوق الأولى وزناً وقيمة. وهذا ما يحدث بالنسبة لتركيب الحامض الأميني، فإن تركيبه مفضل في مفهوم الديناميكا

الحرارية. والسبب في ذلك يتعلق بقاعدة الطاقة. إذا تسببت عملية ما في تخفيض الطاقة في نظام معين، أى لو ذهبت إلى «أسفل التل» ستكون محل مباركة القانون الثانى، أما بالقياس لو صعدت إلى «أعلى التل»، ففي هذه الحالة تكون متحدية للقانون الثانى. المياه تجرى إلى أسفل التل، ولا تصعد إلى قمته. وقد يمكنك أن تجعل المياه تصعد إلى القمة، ولكنه فقط ببذل الجهد من أجل ذلك. وأى عملية تجرى بطريقة تلقائية تكون دائماً بمثابة الهابطة إلى «أسفل التل». وإنتاج الحامض الأمينى له سمة «الهبوط لأسفل التل»، وهذا ما يجعل من السهل جداً صنعه.

الآن قد وضعنا يدنا على عقبة خفية: الخطوة الثانية فى الطريق للحياة أو على الأقل الطريق إلى البروتين، هى قيام الحامض الأمينى بالارتباط مع نظائره لصنع جزئ يعرف باسم الـ «بيبتايد» peptide والبروتين ليس إلا سلسلة طويلة من البيبتايدات أو متعدد البيبتايد polypeptide. وحيث إن التشكل التلقائى للحامض الأمينى من خليط كيمائى غير عضوى هو عملية مسموح بها من زاوية الهبوط «أسفل التل»، أما مضاعفة الحامض الأمينى لتشكيل بيبتايد هى من قبيل عمليات الصعود «لأعلى التل» أى أنها من وجهة نظر الديناميكا الحرارية تتجه إلى الطريق الخطأ. وكل بيبتايد مرتبط بوثاق يتمثل فى احتياجه لجزئ ماء، لكى ينتزع من السلسلة. وفى وسط مائى مثل الحساء أو الشورية البدائية. فإن هذا لا تفضله قواعد الديناميكا الحرارية. ويترتب على ذلك أن الأمر لن يحدث بصفة عفوية ولا بد لجهد أن يبذل لإكراه جزئ المياه (المستخلص) عبر الوسط المائى المستقر، ومن الواضح أن تشكل البيبتايد، ليس مستحيلاً، لأنه يحدث داخل الكائن العضوى. ولكن هناك رد فعل «أعلى التل» المدفوع إلى أمام باستخدام جزيئات مصنعة حسب الحاجة دون أن يتم شحنها بالطاقة اللازمة للعمل الضرورى. وفى «حساء» كيميائى بسيط، ليست ثمة جزيئات متخصصة فى تناول اليد، لتدعم ردود الفعل دعماً هى محتاجة إليه. وبالتالي، فإن الحساء المائى يعتبر وصفة لعدم تركيب الجزيئات وليس التركيب الذاتى لها^(١٤).

ولنتأكد أنه سيكون هناك نقص في مصادر الطاقة المتاحة على الأرض في بواكيرها، وهي الطاقة المطلوبة لإجبار سلاسل البيبتايد على التشكل، ولكن إلقاء تبعه المشكلة على الطاقة ليس حلاً. فنفس مصادر الطاقة التي ستحدث الجزينات العضوية، هي أيضا التي ستخدم في تحطيمها وإهلاكها. ولكي تعمل بشكل متعاقب ومترايط منطقياً، فإن الطاقة المستهدفة يجب أن تكون على قدر رد الفعل المطلوب. وعند إدخال طاقة غير متحكم فيها، مثل طاقة التسخين البسيط، فيبدو أنها ستميل للتخطيط والإهلاك أكثر من اتجاهها للتعاقب والترابط المنطقي. وهذه الحالة يمكن مقارنتها بعامل بناء مجتهد، باذلاً أقصى جهده في بناء عمود أو نصب تذكاري، واضعاً كل طوبة فوق سابقتها. وكلما ارتفع العمود عالياً كان معرضاً لحالة من التمايل ومن ثم الانهيار. ومثل هذا بالضبط، فإن السلاسل الطويلة من الحامض الأميني، المرتبطة ببعضها تكون هشة وقابلة للفصل. وكقاعدة عامة إذا قمت بتسخين أو زيادة الحرارة لكائن عضوي فإنك شئت أم أبيت *willy-nilly*، فسوف ينتهي بك الأمر ليس بسلسلة طويلة ولطيفة من الجزينات، ولكن بكومة من الجزينات ملخبطة متلكئة ومتوانية كما يشهد لك صاحب حفلة الشواء!

ومن الصحيح أن القانون الثاني للديناميكا الحرارية ليس إلا قانوناً إحصائياً، لا يمنع الأنظمة الفيزيائية من الذهاب للاتجاه الخطأ (مثل الصعود لقمة التل)، لكنه يرجح الذهاب في الاتجاه الصحيح. وعلى سبيل المثال فإنه من الممكن، بل هو قريب من الحدوث، أن تبني عموداً من الطوب، بأن تجعل له طرفاً مستدقاً، من الطوب، أيضاً بأن تتنقى مجموعة من الطوب لعمل هذه القمة المستدقة، ولا تتدهش إذا انتهت بطوبيتين مستقرتين بشكل جيد على واحدة، ولو ثلاث طوبيات، سيكون أمراً مشهوداً، ولكن لو عشر طوبيات فسيكون الأمر أقرب للمعجزة. وبلا شك ستضطر للانتظار وقتاً طويلاً، لكي يتحقق صف من الطوبيات العشر بشكل عفوى. أما في حالة رد الفعل الكيماوى العادى الذى يقع بالقرب من حالة الاتزان الحرارى، فإن الجزينات تهتز بشكل عشوائى، وهكذا ستكون مضطراً للانتظار

وقتنا طويلاً، لكي يتم تشكيل سلسلة هشة من الجزيئات. وكلما طالت السلسلة، طالت مدة الانتظار. وقد تم تقدير المسألة بأنه بعيداً عن المزايا الذاتية له، فإن حلاً مركزاً من الحامض الأميني سوف يحتاج قدرًا من السائل بحجم الكون المنظور حولنا، لكي يمكنه أن يذهب في اتجاه مضاد للمد الحراري. وينشئ قدرًا ضئيلاً من متعدد البيبتيدات بشكل عشوائي. ومن الواضح إذن أن الجزيئات العشوائية المراوغة ستكون ذات نفع ضئيل، عندما يشير سهم الاتجاه إلى الطريق الخطأ.

وثمة مهرب وحيد ممكن من الطريق الضيق المتعلق بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية، وهو يتمثل في مغادرة حالة الاتزان ومشارطاتها الخاصة به. وكان البيوكيميائي الأمريكي سيدني فوكس "Sidney Fox" قد قام ببحث ما الذي يحدث، حين يتم تسخين خليط من الحامض الأميني بشدة، وبدفع الماء بعيداً كبخار، فإن الوصلات بين الحامض الأميني المكونة لسلاسل البيبتيدات سوف تصبح أكثر تشابهاً. والطاقة الحرارية المتدفقة سوف ترفع الأنطروبيا الضرورية للانصياح للقانون الثاني. وبهذا الشكل أنتج فوكس بعض السلاسل الطويلة من متعدد البيبتيدات، والتي اصطلح على تسميتها بروتينويد (أشباه البروتينات) **proteinoids**، ول سوء الحظ، فإن التشابه بين بروتينويدات فوكس والبروتين الحقيقي سيكون مخادعاً، لأن البروتين الحقيقي يتكون بصفة خاصة من الحامض الأميني المتعلق باليسار (راجع الصفحات الأولى من هذا الفصل)، بينما أشباه البروتين المنتج بمعرفة فوكس، فتتكون من خليط متعادل من الحامض الأميني المتعلق باليسار واليمين معاً.

وهناك أيضاً سبب أساسي، لكي يبدو التشابه العشوائي الذاتي للبروتين، وكأن ليس له شرارة بدء. وهذا ليس له علاقة بتشكيل السلاسل الكيماوية على النحو السالف، ولكن بالنظام الخاص الذي يرتبط به الحامض الأميني مع بعضه. فالبروتين لا يحتوي على أي سلاسل بيبتيدات قديمة، إنها تعاقبات خاصة جداً من الحامض الأميني، التي لها خواص كيميائية متخصصة، والتي تتطلبها الحياة. ومع

أن عدد البدائل المتاحة للتغيرات الأساسية في خليط من الحامض الأميني هو عدد فلكي. فإن جزءاً صغيراً من البروتين يحتوي على ١٠٠ حامض أميني يوجد ٢٠ نوعاً منه، نحن إذن أمام ١٣٠^{١٠} (والذي يعني واحداً متبوعاً بـ ١٣٠ صفراً) من الترتيبات المختلفة للحامض الأميني في جزيء بهذا الطول^(١٥). والاصطدام بواحد صحيح منها، بالمصادفة، لن يكون متاحاً^(١٦) ولو تم، لكان من قبيل الأشياء الفذة.

إن العثور على هيئة أو شكل مناسب للحامض الأميني من بين الاسكوليون squillions^(*) من التشكيلات المتاحة، يمكن التفكير فيه كمعضلة في حجم حيوان الماموث (المنقرض والذي كان شبيهاً بالفيل) يماثله تعقب موقع في الإنترنت دون مأكينة بحث. وهذه الصعوبة يمكن التعبير عنها بمصطلحات الديناميكا الحرارية باسترجاع العلاقة بين المعلومات والأنطروبيا، والتي سبق شرحها في الفصل السابق: المحتوى المعلوماتي العالي المتخصص للبروتين والمُمثِّل في التسابع الخاص جداً للحامض الأميني، يحتاج إلى تراجع كبير في الأنطروبيا أثناء تشكيل الجزيء. ومرة أخرى، فإن مجرد الحقن غير المسيطر عليه أو متحكم فيه بالطاقة لن ينجز النتيجة المنظمة التي نحتاج إليها. وبالعودة للمشابهة التي أجريناها بحالة بناء طبقات من الطوب، فإن صنع البروتين ببساطة بفتح طاقة تشبه تفجيراً تجريه تحت كومة من الطوب، متوقعاً أن ينتظم الناتج في شكل بيت. ربما يمكن تحرير طاقة تكفي لترفع الطوب، ولكن دون أن تَقترن الطاقة مع الطوب بطريقة مسيطرة عليها ومنظمة، فلن يكون هناك سوى أمل ضعيف في إنتاج أي شيء سوى اللخبطة العشوائية. وهكذا، فإن صنع البروتين برجرجة الحامض الأميني عشوائياً، سوف يؤدي بنا بتعبيرات الديناميكا الحرارية إلى مضاعفة المشاكل أو المتاعب. ليس فقط هزهة الجزيء للاتجاه «صعوداً لقمة التل»، بل تجب هزهزته في اتجاه شكل شريحة متناهية الصغر من العدد الكلي للخلطات الممكنة.

(*) squillions اسكوليون هي مرادفة لكلمات شبيهة مثل زليون وغيرها مما ينتهي بحروف (يون) فإنها جميعاً تستخدم للتعبير عن رقم لا نهائي، لا ترجى منه فائدة.

حتى الآن كنت أتكلم عن صنع البروتينات عن طريق وصلات الحامض الأميني في شكل ببتايدات. ولكن البروتين هو جزء صغير من النسيج المعقد الصعب فهمه للحياة. هناك الليبيدات ^(*)lipids والحامض النووي nucleic acids والريبوسومات ^(**)ribosomes ... إلخ. وهنا نكون قد أصبنا نقطة أخرى أو عقبة خفية. حيث من الممكن أن يستخدم العلماء تجارب معملية تتميز بالأناقة والتعقيد في إجراءاتها، متوصلين من خلالها إلى تركيب الجزء ذى الشأن في عملية الحياة بشكل تدريجي، الجزء الذى به نستطيع أن نقوم المسألة. لكن الأقل احتمالاً هو أن نفس مجموعة الإجراءات المطلوبة لإيجاد كل الأجزاء التى نريدها فى الوقت نفسه. وهذا لا يعنى فقط، أن هناك سراً حول التركيب أو التجميع الذاتى من بين قطع كبيرة العدد من الجزيئات ذات البناءات المتخصصة والرفيقة السمات، من بين قطع متناحرة صاخبة، فهناك أيضاً إنتاج، وبالتزامن، مجموعة من نوعيات كثيرة مختلفة من الجزيئات.

ودعنى ألفتها بوضوح: ما الذى يتعلق به الأمر هنا. لقد أكدت بالفعل أن الجزيئات المعقدة التى نجدها فى الكائن العضوى ليست حية بذاتها. الجزيء هو الجزيء، إنه ليس حياً ولا ميتاً. الحياة ظاهرة يشترك فيها مجتمع كامل من الجزيئات المتخصصة، بل ملايين منها تتعاون معاً بطرق جديدة ومدهشة. ولا يحمل جزيء وحده شرارة الحياة، ولا يمكن لسلسلة من الذرات أن تنشئ كائناً حياً. حتى الدنا، هذا الجزيء العضوى الفائق، فهو ليس حياً، انتزع الدنا من أى خلية وسوف تجدها غير قابلة للقيام بدورها المعتاد. فقط فى مجرى بيئة جزيء على

(*) وهى مجموعة من المركبات المتجانسة التى تتألف من حموض دسم طبيعى وشموع وستيرويدات ولا يمكن حلها بالماء، وإنما فقط بالمحاليل غير المستقطبة، كما أنها مصدر للطاقة وسهلة الاختزان، وتقوم بوظائف عديدة فى البدن.

(**) أحد المستعصيات فى الخلية الحية، وتصنع خلاله البروتينات بحوالى ٥٢ سلسلة بروتينية وثلاثة جزيئات من الدنا الريبى، التى تستسخ مباشرة من الدنا. (المترجم).

درجة عالية من التخصص سيستطيع الجزىء المعين أن يقوم بدوره فى الحياة، أى أنه لن يستطيع من دون هذه البيئة أو المحيط. ولكى تتم الوظيفة بشكل صحيح فلا بد للذئ أن تكون جزءاً من فريق كبير، الذى يقوم فيه كل جزىء بإنجاز دوره المحدد الهدف فى تعاون تام مع جزئيات الأجزاء الأخرى.

إن معرفة جدارة محتوى الجزئيات فى العضو الحى بالاعتماد عليها والوثوق فيها تضعنا على الفور أمام متاهة فلسفية شديدة. إذا كان كل شئ يرغب فى كل شئ آخر، فكيف ظهر مجتمع الجزئيات فى المقام الأول؟ ولأن الجزئيات فى معظمها، ولتى تحتاجها الحياة ولا تقوم من دونها، يتم إنتاجها بمعرفة نظام عضوى حى، ولا يوجد منها ما هو خارج الخلية فكيف جاءت للوجود أصلاً، دون معاونة من علماء متطفلين يتدخلون فيما لا يعينهم؟ هل نتوقع بشكل جدى، حساء من النوع الذى اقترحته تجربة ميللر / أوراي لكى تصنعهم فوراً مع معرفتنا بأن طبيعة الكيمياء تصيب مرة وتخطئ أخرى "hit - and - miss" ؟.

ربما اعتراك انطباع مما كتبته حتى الآن بأن أصل الحياة ليس فقط غير ممكن أو مستحيلًا من الناحية الفعلية الواقعية، ولكن الحياة نفسها مستحيلة أيضاً. ولو أن الجزئيات العضوية الهشة تعرضت للهجوم وتبعثرت بشكل مستمر، فإن أبداننا ستجبه بسرعة للتحلل عبر عمليات كيميائية تنشر التشوه والموت؛ ولكن لحسن الحظ، فإن خلايانا تحتوى على إصلاح كيمائى مميز وآلية للبناء، ومصادر كيمائية جاهزة للطاقة، لكى تدفع بالعمليات لـ «الصعود» إلى قمة التل، وإنزيمات لها مميزات خاصة تتمكن بواسطتها من نعمة تركيب الجزئيات المعقدة من بين شرائحها. وأيضاً ينثنى البروتين فى شكل كرات للحماية تمنع مهاجمة الماء لرباطها الكيمائى الرقيق. وفى حدود السرعة التى يسحبنا بها القانون الثانى إلى «أسفل التل» فإن هذا الجيش المتعاون من الجزئيات المتخصصة يشدنا إلى الاتجاه العكسى أى إلى «قمة التل». وما دما نظل نظاماً مفتوحة، نتبادل الطاقة والأنطروبيا مع بيئتنا، فإنه يمكننا تجنب النتائج المدمرة للقانون الثانى. ولكن يبقى

«الحساء» البدائي مفقودًا هذه «الكتائب الملائمة» من الكيماويات المتعاونة. وليس ثمة حِزْمٌ من جزيئات الإصلاح جاهزة لتطبيق القانون الثانى. إذن على هذا «الحساء» أن ينصرف فى المعركة وحده ضد العناصر الشاذة والتى ليست فقط ثقيلة، وإنما أيضًا ضخمة ومُعَيَّبة العقل.

كيف إذن تكون الإجابة؟ هل الحياة بعد كل شىء معجزة؟، فى الفصل الرابع سوف أهتم بالمحاولات الأخيرة لشرح كيف لخليط كيماوى يمكنه بكفاءة إنقاص الشواذ المتراكمة، والتى تشكل عقبة ضد التركيب أو التآلف العفوى للجزيئات المعقدة. ولكنى أُرغب هنا فى تسجيل نقطة عامة. كانت أول الأشياء الحية ومن دون شك، بعيدة فى بدائيتها عن الميكروبات المعروفة اليوم. فأنت لا تستطيع النظر إلى باكتيريا باقية على قيد الحياة، بقنواتها الدقيقة ونظامها الأيضى المتميز، ثم تتوقع أن كل محتوياتها قد صنعت وجمعت عبر تشكيلها الأولى من «الحساء» البدائى. ميكروبات اليوم ظهرت فقط بالتدريج بعد فترة طويلة من التصويبات التطورية للخشونة التى كانت عليها فى حالتها الأولى. لقد كانت الحياة المبكرة، موحلة ومتسخة بيوكيماويًا، مما عليه الكائن العضوى اليوم.

وهذا يؤطر لنا مبدأ مهمًا وعمامًا: الماكنيات البدائية والفجة تكون أشد صلابة من الماكنيات المتميزة والرفيعة. وكلما ازدادت رقة الماكنية، أصبحت مكوناتها قابلة للعطب، وقلَّت حصانتها. حاول أن تسكب زيتًا خامًا فى خزان سيارة سباق دقيقة القنوات، ستجد أنه سرعان ما ستصدر عنها أصوات اضطراب، وبعدها تتحول إلى أداة عديمة الكفاءة. قارن ذلك العمل نفسه مع جرّار، فستجد أنه يستطيع الاستمرار فى وظيفته برضا تام. ويمكن بالحديث نفسه إذا أسقطت جزيء دنا فى «الحساء» البدائى فسوف يصبح عاجزًا عن أن شىء ولكن سلفًا أقل تصوييًا من الدنا ربما يكون صالحًا أكثر ويمكنه التكاثر بنجاح. ويبدو أن الحياة قد بدأت كعملية متداعية للسقوط، ثم صوبت وسارت فى خطها الذى نعرفه بمرور الزمن. وربما كان من غير الممكن تحطيمها. الشواذ من الميكروبات التى تضادت مع التركيب الذاتى، والتى لها خشونة وفجاجة الجرار.

المصادفة وأصل الحياة:

أسأل السؤال البسيط: وقد أعطيت المشارطات التي كانت سائدة على الأرض منذ أربعة بلايين سنة مضت، هل كان محتملاً ما كان عليه من ظهور الحياة؟ الإجابة التالية لن تفيد: الحياة لم يكن منها بد، لأننا موجودون الآن. من الواضح أن الحياة بدأت - ووجودنا يؤيد هذا كثيراً - ولكن هل كان عليها أن تبدأ أو تتشأ؟ وبكلمات أخرى: هل كان ظهور الحياة من خلال «حساء» كيمائى أمراً محتوماً ولا يمكن تجنبه، باعتبار كل هذه السنين، بل الملايين منها؟

لا أحد يعرف الإجابة عن هذا السؤال. ربما يكون أصل الحياة مجرد مصادفة، أو حادثة كيميائية مذهلة غير محتملة أو غير مرجحة الحدوث، واقعة لا يُتصور حدوثها مرتين في كل الكون. أو أنها ربما كانت أمراً محتوماً ومعتاداً مثل تشكل بللورات الملح. كيف لنا أن نعرف أيًا من هذه التفسيرات هو الصحيح؟

دعنا نلقي نظرة على نظرية المصادفة الكيميائية تلك، وكما سلف شرحه في هذا الفصل تعتمد الحياة الأرضية على بعض الجزيئات المعقدة والباهرة البناء، والذي أقيم بعناية. حتى في جزئ عضوى بسيط مثل الدنا يتكون من بلايين الذرات. والسلسلة المتعاقبة المحددة للذرات هي من الأمور العصبية والحاسمة، إذ لا يمكنك أن تحصل على نتيجة أو تعاقب اعتباطى أو تحكمى، لأن الدنا تمثل دليل البناء في صناعة العضو الحى. وتغيير قليل من الذرات سوف يهدد البناء كله، وتغيير عدد كبير منها فلن يكون ثمة «كائن» على الإطلاق.

وهذه الحالة يمكن مقارنتها بتعبير «تعاقب» في رواية أدبية. قم بتغيير بعض كلمات هنا أو هناك بعشوائية وربما سيشوه الموقف قليلاً. ولكن قم ببعضة كل الكلمات. وسيكون الاحتمال الأكبر، ألا تكون هناك رواية بعد ذلك وستكون هناك روايات أخرى. بالكلمات نفسها، ولكن بتركيبات مختلفة، ولكن يمكن تحويل

مجموعة سلسلة تعاقب الكلمات التى تصنع الروايات إلى جزء متناهى الصغر من الكل الممكن من سلاسل تعاقبات الكلمات.

فى القسم السابق أعطيت نماذج لغرابية كيف يودى خلط عشوائى للحامض الأمينى إلى الطريق الصحيح، للوصول إلى جزئى بروتين عن طريق المصادفة. هذا كان لبروتين واحد، بينما الحياة كما نعرفها تتطلب مئات الألوف من البروتينات المتخصصة، ودع عنك جزيئات الحامض. هذا الشذوذ لصناعة البروتين من خلال المصادفة البحتة، أشبه ما تكون نسبته واحد من كل ١٠٠٠٠٠٠٠ (ويعنى واحداً متبوعاً بـ ٤٠٠٠٠ صفر، والذي يحتاج لفصل كامل من هذا الكتاب إذا أردت أن أكتب الرقم بالكامل)، وهنا يكون تصنيف أوراق الكتب، بحيث تخرج مرتبة تصادفاً لألف مرة سهلاً بالمقارنة مع النسبة المذكورة. وفى ملحوظة شهيرة^(١٧) للفلكى البريطانى فريد هويل "Fred Hoyle" شبه فيها تلك الشواذ المؤدية إلى التركيب الذاتى العفوى للحياة بمكافئ أن تكنس عاصفة كل ما فى فناء من النفايات، لتنتج عنها طائرة بوينج ٧٤٧ تامة الصنع والأداء.

لقد اعتدت أن ألقى محاضرات فى إمكانية وجود الحياة فى الفضاء الخارجى. وبشكل ثابت فهناك واحد من المستمعين سوف يُسمعى هذه المقولة: لا بد أن تكون هناك حياة على كواكب أخرى، لأن هناك نجومًا عديدة تبدو، أو لديها بالفعل إمكانيات استيطانها، هى إذن جدلية منتشرة وعامة. وفى رحلة قمت بها مؤخرًا إلى أوروبا للاشتراك فى مؤتمر حول الحياة فى الفضاء، وجدت فى الطائرة أن من بين برنامج تسليية الركاب، ما يتناول البحث عن الحياة خارج الأرض، وكان الوصف الدعائى للعرض يقول^(١٨): مع وجود ٠,٥ تريليون نجم تحلق عبر الحركة اللولبية أو الحلزونية لمجرة درب التبانة "Milky Way Galaxy"، فإنه يبدو أنه من غير المنطقى الظن بأن كوكب الأرض وحده هو الذى يحوز حياة نكية، وكان استخدام كلمة «غير المنطقى» من قبيل سوء الحظ أو سوء التقدير.

لأن المنطق سليم مائة بالمائة، وهناك بالطبع الكثير من النجوم على الأقل عشرة بلايين من البليون فى الجزء المرئى من الكون، ولكن هذا العدد، وإن كان يبدو لنا ضخماً فهو مع ذلك صغير بمقارنته مع درجة الشنوذ المهولة لعشوائية التركيب الذاتى ولو لواحد من جزئيات البروتين. ربما يكون الكون كبيراً ولكن الحياة لو تشكلت مرة من خلال إثارة عشوائية فى فناء للفضلات من الجزئيات، فسوف تكون الفرصة ضئيلة لحدوثها مرتين.

بعض الناس يشعرون أن شيئاً أساسياً مثل وجودنا، لا يمكن إرجاعه إلى مجرد انعطاف كيميائى، ثم إخفاء المشكلة تحت السجادة بعبارة «حادثة» أو «واقعة» كوسيلة للإمساك بقمة المسألة. أحياناً ما يأخذ مبدأ التوسط هذا الشكل: ليس ثمة شىء خاص أو استثنائى حول مكاننا من الكون، فالأرض تبدو كوكباً نموذجياً يدور حول نجم نموذجى فى مجرة نموذجية. إذن لماذا لا تكون الحياة على الأرض هي أيضاً نموذجية؟

ولسوء الحظ، فإن مثل هذه الجدلية لن تثمر شيئاً. إن وجودنا نفسه لا بد أن يكون الاستثناء للقاعدة التى نرى أنها غير استثنائية. وإذا كان هناك كوكب واحد عليه حياة، فيتوجب أن يكون كوكبنا! ومن الواضح أننا لن نجد أنفسنا على كوكب لا حياة فيه وهذا بالتعريف ذاته. ومن ثم لن تكون الأرض قد أختيرت بعشوائية فى نموذج الكون، لأننا نحن الذين تخيرناها بوجودنا نفسه.

وبالرغم من هذه الحقيقة التى لا يمكن إنكارها، فعلى العلماء أن يحاولوا شرح العالم فى حدود القوانين والمبادئ أيّما كان هذا ممكناً. لن يكون لك مهرب إذا جادلت فى أن الحلقات حول زحل قد تشكلت كحادثة تجمع أعداداً من عناصر تتحرك مستقلة عن بعضها. إن العودة إلى «المصادفة» يجب أن يكون منظوراً إليها كآخر ما يرجع إليه. وهذا لا يعنى أن المصادفات لم يسبق حدوثها هي أو غيرها^(١٩)، ربما تكون الحياة

على الأرض مصادفة. ولكننا على الأقل يجب أن نحاول وصف النشوء
الإحيائي كعملية فيزيائية عادية. وفي الفصول القادمة. سوف أُجِيل النظر
في بعض المقترحات الخاصة بالإقلال من الضخامة البادية لشذوذ الحدوث
النفوى للحياة.

الهوامش

- (١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان "Evolution from Melocules to Men" والذي أشرف على تحريره د. س. بندال "D.S. Bendall" (Cambridge University Press, Cambridge 1983, p. 128)
- (٢) يشيع بين البيولوجيين أن المورث العام ليس مجرد خلية واحدة بالمعنى الحرفي، ولكن تجمع من الميكروبات، تستطيع الجينات عبرها الانتقال «متأخرًا» والمقايضة مع الجينات.
- (٣) «دارون» Darwin ل: أريان بيزموند Adrian Desmond وجون مور Michael (Joseph, London, 1991, p. 230). John Moore. ولاحظ أن شجرة الحياة تتنامى مع مسيرة الزمن للأمام بالمقارنة مع عائلة الشجر - على الأقل كبدائية - والتي تتنامى إلى الوراء من الزمن.
- (٤) انظر على سبيل المثال: التطور في النظم البيئية متطرفة الحرارة على الأرض (وعلى المريخ؟) "Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth and Mars"، الذي أشرف على نشره جريجوري بوك "Gregory Bock" وجامي جودي "Jamie Goode" (Wiley & Sons Ltd., New York 1996, Chapter 1 and 2).
- (٥) مصدر الضوء المتضام Stromatolites يستغرق أو يحيط بأنشطة النظم الميكروبية الأخرى أيضًا بما فيها الطحالب، ومن الصعب القول بماذا تحديدًا تُصنع الأحفورات.
- (٦) في عام ٢٠٠٢ أحاطت الشكوك بقاءة معلومات الواروونا "Warrawona" كدليل على الأحفورات الماكروية، وذلك بواسطة مارتن بـسـرازيـر "Martin Brasier" من جامعة أوكسفورد (See Nature 416, 76 (2002)).

(٧) لمزيد من فهم الوضع الجيولوجى الحالى والذى يقترح أن هذه العضويات تعيش فى نظم متطرفة الحرارة بالقرب من قاع الكالديرا **Caldera** الفيزيائية وعلى ذلك تكون معتمدة على الكيماويات **Chemotrophs** عن أن تكون الباكثيريا الزرقاء: داكنة اللون **Cyanobacteria**.

(٨) دليل على الحياة فوق الأرض منذ ٣٨٠٠ مليون سنة مضت « **Evidence for life on Earth before 3800 million years ago** » لـ: س.ج. موجزلز وآخر " S.J. Mojzsls et al (Nature 384, 55, (1996)). ومع ذلك ففى أواسط عام ٢٠٠٢ قامت شكوك جادة على مصداقية هذه النتيجة.

(٩) الحياة فيما وراء الأرض "Life Beyond Earth" لـ: جيرالد فينبرج Gerald Feinberg وروبرت شابيرو "Robert Shapiro". (William Morrow, New York 1980, p. 113).

(١٠) سر أصل الحياة "The Mystery of Life's Origin" لـ: شارلز ثاكستون "Charles Thaxton"، وولتر برانلى "Walter Bradley"، وروجر أولسن Roger Olsen . (Philosophical Library of New York, New York 1984, p. 12).

(١١) للتطور من الجزيئات حتى الإنسان الذى أشرف على تحريره دس. بندال (Cambridge University Press, Cambridge 1983, p. 128).

(١٢) اقتباس من خلق الحياة "The Creation of Life" لأندرو سكوت "Andrew Scott". (Blackwell, Oxford 1986, p. 49).

(١٣) اقتباس من: للعالم وهى فى حالة الصنع **Worlds in the Making** لـ: سفانت أرهينيوس "Svante Arrhenius".

(Harper, London 1908, p. 216).

(١٤) لو حدث تفاعل ما فوق سطح، مثل الرجل أو الطفلة أو الصخر، سيكون مختلفاً عن جسم في مياه حساء لأن اعتبارات الديناميكا الحرارية ستتحول لصالح التركيب والتأليف.

(١٥) وهذا أزيد كثيراً على عدد الذرات في الكون المرئى أو الملحوظ.

(١٦) ادعى فوكس Fox نفسه أن الأمر الصحيح لم يحدث من خلال المصادفة، ولكن الكيمياء نفسها هي التي فضلت الشريحة المتناهية الصغر لسلسلة البيبتيدات ذات الصلة بالبيولوجيا. انظر على سبيل المثال: تطور الجزيئات وأصل الحياة "Molecular Evolution and the Origin of Life" الذي أشرف على تحريره س. فوكس S.Fox و. ك. دوز (Marcel Dekker, New "K. Dose" York 1977) .. والادعاء بأن الكيمياء تعرف شيئاً على نحو ما عن البيولوجيا هو مجرد نفاية تثير الغضب، وهو ما سأعود إليه في الفصل العاشر.

(١٧) الكون الذكى "The Intelligent Universe" لـ: فريد هويل 'Fred Hoyle'.

(Michael Joseph, London 1983, p. 19).

(١٨) أمنية "Omnia"

(British Air Ways Flight Magazine September / October 1997, p. 26).

(١٩) هو تفسير يعتمد على ظروف نزوية، ولو أنه ليس مستحيلاً، وإن كان غير محتمل وراثياً. أى فى زمن ماض ونحن ربما نأخذ بالأفضليات أو المميزات فى مواجهة تلك الظروف وكمقياس كمى لما لا نعتقد به، أو لنقص الثقة فى نظرية الحظ السعيد أو القائمة على رمية بغير رلم.

الفصل الرابع

الرسالة التى تبعث بها الآلة

فى يوليو من عام ١٩٩٧ نشر العلماء صوراً لآلة جيتار لا يتجاوز حجمه خلية بشرية واحدة، ولا تريد نخانة أوتاره على نخانة مائة ذرة. وهذه الآلة القزمية **Lillipution** ^(*). كانت منحوتة من السيلكون **silicon** ^(**) المتبلور الشفاف عبر تقنية حفر تستخدم فيها حزمة أشعة الليكترونية. وكان المقصود بها التحايل لسبر مشكلة ما، ولكنها بطريقة درامية سلطت الضوء على تقدم تقنى مهم: الآلات يمكن صنعها الآن فى هيئة متناهية الصغر لدرجة أن يصعب رؤيتها بالعين المجردة. لقد صنع العلماء تروساً لا ترى، وموتورات فى حجم رأس سن القلم الرصاص، ومحاولات كهربائية ضئيلة الحجم لدرجة أن تتعادل مع جزيء بشرى. وحتى نجد مهندسى شركة **IBM** وقد استطاعوا أن يختموا سطحاً كريستالياً باسم الشركة بحجم يعادل صفاً من الذرات الواحدة بجوار الأخرى. وعلى الجملة فإن تقنية النانو (الجزء من المليار) تمثل برعماً يزدهر ويعد بتثوير نمط حياتنا: وهى تقنية البناء بمقياس يصل إلى جزء من البليون من المتر.

هذه المنجزات «النانوية» تخطف الأنفاس بحق فى مجال تطبيقاتها، ولكننا يجب ألا نفقد رؤيتنا لحقيقة أن الطبيعة هى التى كانت نانوية فى البدء. والعالم مملوء بالفعل بالآلات النانوية، والتى يطلق عليها اسم الخلايا

(*) تعبيراً عن الأقزام (لا يتجاوزون طول الإصبع) المتخيلين من سكان جزيرة ليلي بوت الخيالية (المترجم).

(**) عنصر لا فلزى (المترجم).

الحية. وكل خلية محتشدة ببناءات صغيرة، وكأنها قادمة على التو من كتّيب إرشادات لمهندس ما. لاقطة الحروف الصغيرة ومقصات (شبيهاً بالمقصات) والمضخات، والموتورات، والروافع، والصمامات، والمواسير، والسلاسل، وحتى العربات الوافرة هنا وهناك. كل المكونات المتنوعة تتلاءم مع بعضها البعض، مُشكّلة في مجموعها توظيفاً ناعماً وسهلاً، تماماً كخط إنتاج متعاون الأجزاء في مصنع: تلك هي الخلية الحية. هذا ومعجزة الحياة لا تنحصر في أنها مصنوعة من أدوات نانوية، ولكن في أن هذه الأدوات المنفرقة في نوعيتها مدمجة مع بعضها بطريقة رفيعة التنظيم.

ما سر هذه المنظمة المدهشة؟ كيف لذرات غبية أن تفعل ذلك؟ وبصفة فردية، فإن الذرات يمكنها أن تتدافع مع جاراتها وتتوافق أو ترتبط معها فيما إذا كانت الظروف صحيحة. والتي على نحو جمعي، تحقق أعاجيب من البناء والسيطرة في درجة من التناغم المنضبط والمعقد، والذي لا يستطيع أى مهندس بشرى أن يصل إليه على نحو ما اكتشفت الطبيعة - ولحسابها الخاص - كيف تقوم بذلك. لقد عرفت كيف تبنى هذه الآلة المعقدة التى يصعب تحليلها، والتى نسميها الخلية الحية، مستخدمة فقط المواد الأولية المتاحة والمختلطة مع بعضها البعض بغير انتظام. وهى تكرر هذا العمل الفذ كل يوم فى أبداننا وفى كل لحظة تولد فيها خلية جديدة. إن هذا فى حد ذاته يعتبر إنجازاً مدهشاً. والأكثر من ذلك أن الطبيعة صنعت أول خلية من أول الخط.

كيف تم ذلك؟

إننى كفيزيائى متواضع حين أفكر فى الحياة على مستوى الجزيء، فإن السؤال الذى يظل يلح على ذهنى هو: كيف لكل هذه الذرات التى لا

عقل لها أن تعرف ماذا تفعل؟ إن تعقيد الخلية الحية لشيء هائل، إنه يشابه مدينة في أقصى حالات النشاط القائم على التعاون. كل جزيء فيها له وظيفة محددة، وله تصنيفته في المخطط العام، بحيث يتم إنتاج المطلوب. ثمة كثير من التعديل والإبدال يتم هناك، حيث على الجزيئات أن ترتحل عبر الخلية لتلتقى مع أخريات في المكان المناسب وبنظام محدد يسمح بأن تقوم المجموعة بعملها بطريقة ممتازة. وكل هذا يتم دون قائد أو رئيس يحدد لها الخطوات أو الموقع الذي يتحركون منه أو إليه. ليس إذن ثمة مشرف يراقب أنشطتها. فالجزيئات ببساطة تقوم بما عليها أن تعمله: تقوم بحركتها الداوية وهي عمياء، وتلتقى بالأخريات من نظائرها وتتعاقد معها بعد الارتباط. وعلى مستوى الذرات المفردة فإن الحياة أشبه بمجتمع مثالي من دون حكومة تقوده - تتخبط في فوضى لا هدف لها. ولكن على مستوى الجماعة فإن هذه الذرات المفتقدة للتفكير تؤدي وتقوم معًا بأداء ما يمكن أن نسميه «رقصة الحياة» على درجة من الدقة الرائعة والشديدة الحساسية.

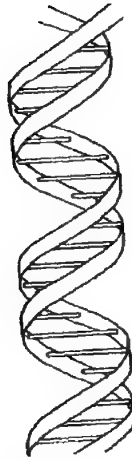
هل للعلم أن يشرح هذه العملية الرائعة والفخيمة بشكل استثنائي وذاتي القيادة وهي تعزف لحنها دون قائد للأوركسترا سوى ذاتها؟ ثمة بعض من الناس يرفضون ذلك بشكل سطحي⁽¹⁾. ويعتقدون أن الخلية الحية، والتي يسودها التعاون الشديد في إطار خطة في أقصى درجات الانضباط، ليست مع كل هذا نتاج قوى فيزيائية عمياء وحدها. ويقول إن العلم ربما يُقدّر هذا الملمح الفردي، ولكنه لن يستطيع أبدًا أن يشرح الوضع الكلي العام لمنظمة من هذا النوع، أو كيف تجمعت أو تركيبت الخلية الأصلية في أول الأمر.

وأنا هنا أختلف مع هؤلاء، معتقداً أن العلم فى نهاية الأمر سوف يتسنى له أن يعطينا تفسيراً مقنعاً لأصل الحياة. ولكن فقط إذا ما تم الإمساك بالمسألة على مستويين: الأول على مستوى الجزئى، وهو موضوع هذا الفصل، والذى حقق التقدم فيه درجة عالية من التأثير. فعلى مدى عقود قليلة مرت، حققت البيولوجيا الجزيئية خطوات واسعة فى تحديد أى جزئى يفعل ماذا من أجل ماذا. وقد «وُجد على الدوام أن الطبيعة بأدواتها النانوية تعمل طبقاً لقوانين وقوى الفيزياء العادية» ومع ذلك سيكون من الخطأ افتراض أن الجزيئات هى كل ما هنالك بالنسبة للحياة. ونحن لم نعد نشرح الحياة بواسطة تصنيف أنشطة الجزيئات بأكثر من تقديرنا لعبقرية موتسارت Mozar أو أينشتاين أو كيف تعمل العصبونة العصبية "neurone"^(*). وباستخدام العبارة المألوفة: فإن الكل أكبر من كم أجزائه. وهو ما يعنى أن كلمة «عضوى» organism ذاتها تفيد التعاون على مستوى جماعى، لا يمكن إدراكه من خلال دراسة أجزائه فقط. ومن دون فهم هذا النشاط الجماعى، فسنكون قد شرحنا الحياة على نحو جزئى فقط.

ضاغف ثم ضاعف: أو كرر التجربة واستمر فى التكرار:

لقد وضعت التناسل أو التكاثر فى الفصل الأول قريباً من قمة قائمتى فى تعريف خصائص الحياة. ومن دونه تتوقف الحياة طال الوقت أو قصر. ولوقت طويل لم تكن لدى العلماء سوى أفكار قليلة عن كيف للحياة العضوية أن تعيد إنتاج ذاتها. كانت هناك فكرة غامضة عن وجود ثمة جينات غير مرئية تنقل رسالة عضوية من جيل إلى الجيل الذى يليه، فكرة لا تكشف إلا القليل عن كيف تقوم الخلايا بذلك. ومع التقدم فى البيولوجيا الجزيئية، واكتشاف الدنا DNA، فقد وُجد حل لهذا الغموض أو السر.

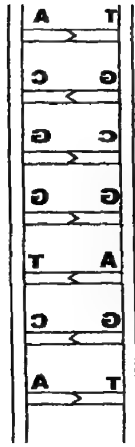
(*) العصبونة العصبية هى مركز أو موقع التلاقى بين الشبكات العصبية بالمخ (المترجم).



(شكل ٤-١)

حلزون مزدوج. بناء جزيء الدنا هنا يظهر على نحو تخطيطي. ولاحظ أن الخطين الحلزוניين يرتبطان معاً بروابط عرضية. تلك التي تلعب الدور الحاسم في حفظ المعلومات البيولوجية.

وبالوصول إلى ضرورة المسألة، فإن سر التناسل يكمن في تكرار تجربة الجزيئات ونسخ ذواتها. وقد تبدو مسألة أن الجزيء يصنع نسخة من ذاته، ذات طابع سحري، ولكنها فعلياً مجرد عملية مستمرة، وفي خط مستقيم يتجه للأمام. والفكرة الرئيسية فيه تقوم واقعياً على خضوعها لقواعد تجربة هندسية أولية. وقد تكون الفكرة الأولى التي يمكن استخلاصها واضحة، ولكنها حاسمة الأهمية: الجزيئات لها أشكال واضحة لا لبس فيها. الجزيئات العضوية ليست مجرد شكل كروى بسيط أشبه بالفقاقيع، إنما هي التي تتحت بصفة مبدئية كل ملحقات الجسد، مثل الأنزع والكيعان والفجوات والحلقات. ولولا قوى التبادل الذري التي تملئ أو تأمر من التي تعصى أو تنمرد على من، ما كان الأمر ليتم. إنها عمومية البناء الثلاثي الأبعاد للجزيئات العضوية التي تحدد بقوة فيما يشبه «الاصطنبة» (القالب أو الطراز أو النموذج) قابلياتهم البيولوجية. لقد كان الفلاسفة الفيثاغوريون "Pythagorean" هم الذين إعتقدوا أن الهندسة هي مفتاح العالم أو الكون، ولذلك أتوقع أنهم كانوا سيسعدون للنتيجة التي أشرت إليها.



(شكل ٤-٢)

دنا غير مجدولة: هنا الحلزون المزدوج قد تم تصويره، بحيث يكشف عما يشبه السلم. ودرجات هذا السلم تتكون من أزواج متتامة مع بعضها من الجزيئات، آخذة شكل القفل والمفتاح على نحو متضام وحميمي.

الدنا تمثل قاعدة المعلومات «البنكية» - إذا جاز التعبير - ذات الطابع الجيني. وهي القائمة بتكرار التجربة (إعادة طبع أو نسخ ذاتها)، التي ترقد أو تكمن في قلب عملية التكاثر البيولوجية. ودعنى أصف لك كيف تقوم الدنا بإعادة نسخ ذاتها، مستخدمةً عمليةً هندسيةً بسيطةً. بناء الدنا هو ذلك الحلزون المزدوج الشهير، الذي اكتشفه كل من كريك "Crick" وواتسون "Watson" في بواكير الخمسينيات من القرن الماضي، وتظهر تركيبته على نحو تخطيطي في الشكل «٤-١»، ولاحظ أن الخططين الحلزونيين المجدولين يرتبطان بروابط عرضية توثق بينهما. وبالنسبة لتفسيرى، فإن الشكل الحلزوني هو أمر ثانوى واتفاقي، وعلى هذا، ولكي تكون الأشياء أكثر بساطة، تخيل هذه المجموعة من اللغات المجدولة في الحلزون قد تم فردها لتشكّل نوعاً من السلالم (انظر الشكل ٤-٢). فإن درابزين السلم هما الخططان الحلزونيان، أما درجات السلم فهي تتطابق مع الروابط العرضية. وتقوم هذه الدرجات بدور «السقالات» في البناء، والتي تمسك أو تربط

الجزئيات مع بعضها البعض. ويتركز عمل الجزء الخاص بالدنا على هذه الدرجات العرضية.

وهذه الدرجات ليست كلها متساوية، ولكنها تقوم على تنوع من الجزئيات تسمى النيوكليوتيدات nucleotide^(*). والتي تقوم بدورها على قاعدة من مواد تحمل أسماء كيميائية: أدينين adenine، وجوانين guanine، وسيتوزاين cytosine، وثيامين Thiamine^(**)، والتي يشار إليها جميعاً بالأحرف الأولى من أسمائها الإنجليزية A, G, C, T، للاختصار، (والتي سندأوم على استخدامها هنا لتلافى الإرباك). وكل درجة سلم تتشكل فعلياً من زوجين من هذه القواعد من كل نهاية لها إلى النهاية الأخرى الموثقتين بالدرابزين، وهنا بالذات تظهر الهندسة. نجد أن A مصنوع خصيصاً لغرض يتلاءم جيداً مع T، بينما G, C مصممان بإحكام ليأخذا هذا الموقع معاً من البناء العام. والقوى التي تربط هذه الأزواج القاعدة هي في العادة أقرب إلى الضعف. تخيل أنك سحبت بقوة درجتى السلم بحيث يبتعد كل منهما عن الآخر، كما لو قام منشار بنشرهما من وسطهما (انظر الشكل ٤-٣)، وبالتالي ستبدو كل درجة سلم وكأنها مجداف وحيد له ذراعان منفصلتان، وهى القواعد غير المتتضامة، وافترض أن إحدهما تحمل المتتابعة TGCCAETT، فبالنّالى ستحمل الذراع الأخرى المتتابعة المتممة لها ACGGTCAA. ويمكنك بالتالى إعادة تركيب السلم بأن تصف قاعدة الأزواج الصحيحة مرة أخرى وتطبق على النهايات المفتوحة فى كل درجة سلم ليتضاماً معاً مرة أخرى. وفكرة أن كل قاعدة فى جزء الدنا لها شريك بهذا الشكل يجعل من درجة السلم نوعاً من الطابعة بالنسبة للدرجة الأخرى من السلم، فإذا كانت لديك جديلة واحدة لا تقلق، حيث يمكنك أن تعرف شكل بناء الجديلة الثانية باستخدام قواعد أو قوانين الأزواج: A مع T و C مع T.

(*) أحد المكونات الأساسية للحمض النووى والمكونة من أساس «بورينى»: بعض السكر وبعض الفوسفور (المترجم).

(**) وجميعها تشكل الأساس البورينى للحموض النووية: الدنا والرنا والسابعة ضمن المادة السائلة السيتوزيل sytose غير القابلة للتحلل فى هيولى الخلية (المترجم).

تلك هي قاعدة الطبع أو التضام القائمة عليها عملية النسخ. ولكي تعرف كيف؟ تخيل أن بعضًا من الحزون المزدوج لا يعمل بالهمة والنشاط اللذين وصفتها قبلًا، تاركًا بعضًا من القاعديات غير الملحقة بالنظام، تخرج بعيدًا عن الجديلة. فلو أن هناك مددًا من قاعديات جزيئية حرة - T_s و C_s و G_s و A_s - تطفو أو تقوم في الجوار، فسوف تميل للاقتراب من خلال ضيق الحيز المتاح وتربط نفسها بالجزء المقطوع المعرض للخطر على نحو $A \rightarrow T$ ، و $C \rightarrow G$ ، و $T \rightarrow A$ ، و $G \rightarrow C$ ، وهكذا وعلى نحو أوتوماتيكي يعيدون بناء جديلة متضامة من جديد. وما دامت قواعد الزوجيات تعمل على نحو صحيح، فإن الجديلة الجديدة من المضمون أن تكون متطابقة مع الجديلة الأصلية. وبالتالي، فإن أى جزئ دنا قد تم جذبه إلى خارج موضعه، بحيث يبقى الجزئ الآخر من الجديلة معرضًا للخطر، فسوف يبني لنفسه جديلة جديدة مشاركة له، أى سيكون هناك جزيئًا دنا بدلاً من واحد. ولاحظ أن هذا النوع من طبع النسخة لا يشابه مع النسخ من خلال آلة تصوير مستندات، إنما هو أشبه من طبع نسخة من الصورة باستخدام النيجاتيف (النسخة السوداء التي تمثل أصل الصورة «المترجم»).

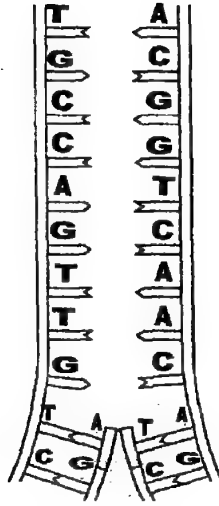
وهكذا يكون التكوين البنائي لتكاثر الدنا قد تم شرحه، ولكن يبقى السؤال حول الجينات وعملية الوراثة. كيف للدنا أن تقوم بتخزين المعلومات الجينية ونقلها؟ وهنا يجيء دور القاعديات الأربع المختلفة. وقد يمكنك التفكير في T , C , G , A كأربعة حروف أبجدية، والتتابع المحدد للحروف، يمكن أن يستخدم في التعبير عن رسالة. والجين ببساطة عبارة عن خيط أو سلك طويل مع قاعدة من الأزواج أو الحروف التي ينقل كل زوج منها جزءًا من الرسالة. عندما تتكاثر الدنا من تطابق تعاقبي يكون قد تم بناؤه في النسخة الجديدة.

وبسبب من ازدواجية السلك الممتد على نحو حلزوني والطابع المتضام أو المتتام للعملية، فإن كل جزئ دنا يشتمل فعليًا على نسختين من الرسالة، واحدة إيجابية **positive** والثانية سلبية **negative**، وهكذا تكون المعلومات التي يحتاج إليها جزئ دنا كامل، مُضمنة في كل واحدة من الجذائل.

وتتم عملية التكاثر بفاعلية كبيرة بمساعدة بعض الإنزيمات **enzymes** التى تسهل مسألة النشاط والحيوية التى تتم بها وأيضا بعض العمليات المتصلة بها. وكدليل على هذه الفاعلية البالغة، فإن البناء الأساسى للدنا قد استمر فى البقاء لأكثر من ثلاثة بلايين سنة. ومع ذلك فإن عملية التكاثر ليست تامة مائة فى المائة، ولا مفر من وقوع أخطاء من وقت لآخر. وهذه ستغير تتابع القاعديات مثل عملية بعثرة للحروف **AGCT**. ولأن الدنا عبارة عن وصفا لصنع كائن عضوى، فإن الرسالة لو انحرفت قليلاً أثناء ظرف التكاثر، فإن الكائن العضوى الناتج عنها ربما سيعانى من عملية «تحويل». وأخطاء النسخ هذه، هى مصدر التنوع بين الأجيال التى تمارس فيه عملية الاختيار الطبيعى دورها. ومسألة الرسالة الجينية طويلة بشكل مؤثر لأنه على سبيل المثال تشتمل باكتيريا بسيطة كـ **E.Coli** على عدة ملايين من الرموز فى طريقتها الجينية، (الجنوم هو منظومة كاملة من الجينات) كافية لملء ألف صفحة من كتاب. أما الخريطة الجينية البشرية، فربما تحتاج مكتبة بأكملها. وكما شرحت فى الفصل الأول، فإن الدنا تحتوى على المعلومات الكاملة التى يحتاج إليها صنع وبناء الكائن العضوى، الذى تنتمى إليه، تخيل أنت هذا المشهد، وهو أن الحياة عبارة عن خيط أو سلك من أربعة حروف.

صنع الحياة:

لقد جعلت الحياة حتى الآن تبدو، وكأن الدنا هو بيت القصيد فيها والجينات، والتكاثر. وهذا صحيح ولكن من خلال نظرة بيولوجية ضيقة، حيث تنحصر الحياة فى تكاثر الجينات. ولكن الدنا لا تمثل شيئاً فى حد ذاتها، إذ لا بد من بناء الخلية بكل كيميائياتها المتخصصة والتى تؤثر فعلياً على عملية التكاثر، وفى مستويات أعلى من أشكال الحياة، يلزم أن يبنى كائن عضوى كامل من أجل إقامة عملية التكاثر، ومن ناحية الرسم المنظورى للخريطة الجينية فإن الكائن العضوى يمثل طريقاً غير مباشر لتكاثر الدنا.



(شكل ٤-٣)

التكاثر: الخاصية المفتاح للحياة. إذا انفصلت الدرجات العرضية للمسلم عن بعضها البعض، فإن الأجزاء المبتورة يمكنها أن تغوى القاعديات المنفردة الصحيحة، والتي قد تكون طافية حولها، لكي تبني سلكاً متصلاً ونشطاً وجديداً، وحين يفعل كل نصف دنا هذا، فإن الجزيء سيكون قد نسخ نسخة من ذاته.

لماذا تحتاج الجينات لكائن عضوى متكامل حتى تمد يدها فى الأمر؟ لماذا لا يتكاثرون هم ولنواتهم فقط؟ ستكون الإجابة: لأن الكائن العضوى يستطيع أن يفعل أشياء مثل التحرك من المكان الذى يتعرض فيه للخطر إلى مكان آخر، وأن يجمع غذاءه من المواد الأولية وهذا يساعد الدنا على التكاثر بشكل أكثر فاعلية، أما بناء كتلة حيوية كبيرة، فيحتاج إلى مددٍ آخر، لا يصلح له الدنا. وهذا المدد الآخر يتحصل بشكل رئيسى فى هيئة بروتين ^(٩)protein. والذى بتعبير ثانٍ أهم مستوى

(*) أى صنف من المركبات ذات الوزن الجزيئى المرتفع، والمركبة أساساً من وحدات صغيرة، هى الحموض الأمينية التى تتصل ببعضها بروابط بابتيدية. (المترجم).

فى الجزئيات العضوية المتخصصة. وكما أشرنا قبلاً، فإن الحياة كما نعرفها هى النتيجة الجوهرية لصفقة التحول المفيدة المتأثرة بزوجين من الجزئيات: الدنا والبروتين.

البروتين هو المصادفة السعيدة غير المتوقعة للدنا لإمكانية استخدامه فى بناء مواد مثل جدران الخلايا والإنزيمات ^(*)enzymes، وهى التى تلاحظ وتسرع ردود الفعل الكيماوية والإنزيمات هى المادة الكيماوية التى تقوم بـ «تزييت عجلة الآلة البيولوجية». ومن دونها، فإن عملية الأيض سوف تتوقف، ولن تكون هناك طاقة كافية متاحة لعملية الحياة. ومن ثم لا يدهشنا أن جزءاً كبيراً من قاعدة المعلومات المخزنة يدور حول كيفية صنع أو إنتاج البروتين.

هنا سنعرف كيف يتم إنجاز هذه التعليمات. نذكر أن البروتينات هى سلسلة طويلة من الجزئيات المصنوعة من الكثير من الأحماض الأمينية المصفوفة معاً، مشكلة ما يسمى بالـ: بولى ببتايد **Poly peptide**. وكل تتابع مختلف من الأحماض الأمينية يُغل إنتاجية مختلفة من البروتين، والدنا لديها قائمة بالبروتينات المرغوبة التى يحتاجها الكائن العضوى. وهذه المعلومات مخزنة بواسطة تسجيل التتابعية الخاصة للحامض الأمينى، الذى يحدد كل نوع من البروتين تتضمنه القائمة. وهى فى هذا تستخدم الحروف الأبجدية الأربعة للدنا: **AGCT**، وكل تتابعية محددة من هذه الحروف تنفث وصفة الحمض الأمينى، بروتين بعد بروتين بالضبط عدة مئات من الأزواج القاعدية لكل منها.

ولكى تصبح هذه القائمة الجافة من الأحماض الأمينية قابلة للتركيب والتجميع والقيام، من ثم بوظيفتها كبروتين، فإن الدنا تطلب المساعدة من جزيء آخر قريب الصلة بها يعرف باسم الرنا **RNA** (اختصار الحامض الريبى

(*) سلسلة من الأحماض الأمينية تحوى ما يزيد على ١٠ أحماض ويقل عن ١٠٠ حمض أمينى، كما لا يزيد وزنها على ١٠٠٠ دالتون (وحدة لقياس الكتلة تعادل ١/١٢ من كتلة نواة الكربون) (المترجم).

ribonucleic acid) والرنا بدوره مكون من أربع قاعديات AGCU، وهذا الحرف الأخير U يرمز للـ: يوراسيل uracil المشابه للـ: T ويخدم نفس الغرض الألفبائي. وتجيء الرنا في عدة تنوعات، والذي يهمنا هنا هو الذى يعرف بالرنا المرسل "messenger RNA" (*) واختصاراً: m RNA. ووظيفته أن يقرأ الوصفة الخاصة بالبروتين المطلوب وينقلها إلى «مصانع» رفيعة جداً والتي فيها يتم صنع البروتين، وهذه المصانع الصغيرة تسمى ريبوسومات ribosomes (**). وهى عبارة عن آلات معقدة يقوم بناؤها على الرنا والبروتين بمختلف أنواعه. وتقع الريبوسومات فى شقوق ضيقة حيث تتم تغذيتها بواسطة «المرسال» الذى يكاد يشبه هيئة الشريط المتعب الذى يستخدم فى كمبيوتر من الطرازات القديمة. وشريط المرسال هذا يحدث صوتاً شبه انفجارى فى الريبوسوم والتي يحمل بعدها التعليمات فى شكل «بته» بعد «بته»، ممسكاً بالأحماض الأمينية معاً، واحداً بعد الآخر فى تتابع محدد حتى يتلقى البروتين كامل تعليماته. هذا، والحياة الأرضية تصنع البروتين من ٢٠ نوعاً مختلفاً من الأحماض الأمينية (*). وتسجيلات المرسال هذه هى التى تقوم بعدها الريبوسومات بوضعها معاً بالنظام المطلوب الصحيح.

إنه لمن المثير للاندعاش والعجب أن ترى الريبوسوم وهو يقوم بربط الحموض الأمينية فى شكل سلسلة. ومن الطبيعى أن الأحماض الأمينية تأتى طائفة ومجبرة لتنتظم فى النظام المتطلب، جاهزة لأن يتم إمساكها فى النهاية فى شكل سلسلة. وعليه كيف يتسنى للريبوسوم أن يتأكد من أن مرسال الرنا قد تلقى الحمض الأميني المحدد فى كل خطوة من خطواته؟ سنجد الإجابة فى تشكيل آخر من جزيئات الرنا باسم الناقل transfer. ويختصر فى t RNA وكل جزيء من

(*) مركب يتألف من سلسلة وحدات نووية أحادية الفوسفات، يحوى كل منها سكرًا خماسيًا هو الريبوز مع قاعدة نووية، هى إما الأندوايزين وإما الغوانين وإما السيتوداين أو اليوراسيل، وله ثلاثة أنواع: الناقل والمرسال والريباسى: ووظيفته الأساسية هى نقل المعلومات الوراثية من الدنا (المترجم).
 (**) والريبوسوم هو عُضْوٌ يوجد فى الخلية تصنع فيه البروتينات عن طريق ربط الحموض الأمينية فى سلسلة متتامة وبمعدل يصل إلى ١٥ حمضاً أمينياً فى الثانية (المترجم).

الرنا الناقل يُحضر لخط الإنتاج فى مصنع الريبوسوم نوعًا واحدًا فقط من الحموض الأمينية مقيّدًا فى نهاية سلسلته.

وفى كل مرحلة من مراحل تركيب البروتين، تكمن الخدعة فى الحصول على الرنا الناقل الصحيح مع الحمض الأمينى الصحيح الملحق به ليتّصل من حمولته وينقلها لنهاية سلسلة البروتين النامى الآخذ فى التجمع والتركيب، بينما يرفض أى من الـ ١٩ نوعًا الباقية التى قد تكون معروضة له. وهذا يتم كالتالى: يقوم الرنا المرسال (تذكر هنا أنه الذى يحمل التعليمات) بكشف جزء من المعلومات (مثل منظومة من «الرسائل») التى تقول: «أضف حمضًا أمينيًا كذا وكذا الآن». ويتم تنفيذ التعليمات بشكل صحيح لأن جزء الرنا الناقل والمستهدف يحمل الحمض الأمينى المعين، سوف يتعرف على الجزء المعروض من المرسال بواسطة شكله وخصائصه الكيميائية، ومن ثم يرتبط بها. أما الجزيئات الأخرى من الرنا الناقل الذى يحمل الحموض الأمينية الخاطئة، فلن تتناسب مع موقع الارتباط ذلك. وبمجرد حدوث هذا الإغواء لجزء الرنا الناقل الصحيح ليتم استيلاده فى خط الإنتاج، تكون الخطوة التالية أن يقوم الريبوسوم بحث الحمض الأمينى الواصل حديثًا فى الحمولة لكى يلحق نفسه بآخر سلسلة البروتين. والسلسلة تنتظر فى الريبوسوم، متدلية من نهاية الجزء السابق من جزء الرنا الناقل المختار. وعند هذه اللحظة يتحرر آخر جزء وينفصل عن الريبوسوم، مارًا على السلسلة بأكملها إلى الواصل الجديد من الرنا الناقل، حيث ترتبط بالحمض الأمينى الذى حمّله معه. وحينئذ تنمو السلسلة بإضافة الأحماض الأمينية برأسها عوضًا عن ذيلها. وإذا كنت لم تستوعب أو تتابع جيدًا سير العملية من قراءة ما سبق فلا تقلق، لأن الأمر ليس ضروريًا لفهم ما سيلي. أنا فقط وجدت أنه من المناسب أن تشترك معى فى الاندهاش الناجم من سير العملية بأن تنغمس معى فى بعض التفاصيل.

عندما يستكمل البروتين تركيبه، يتلقى حينئذ الريبوسوم إشارة «توقف» من «شريط» مرسال الرنا، وتتقطع السلسلة لتصبح حرة. تجتمع البروتين الآن ولكنه لا

يبقى فى الخارج أشبه بثعبان، إذ بدلاً من ذلك يتكور فى شكل كرة مقصوفة، أكثر منه كشكل قطعة بلاستيك مطاطة، تَمَّ فردها ثم تحررت من الشد لتعود إلى ما يقترّب من شكلها قبل الشد. وعملية التكور أو الإنشاء هذه، ربما تستغرق عدة ثوانٍ، ولكنها تظل جزءاً من سر كيف يُحقّق البروتين شكله النهائى. وهو لكى يعمل شكلاً جيّداً، فإن الشكل الثلاثى الأبعاد للبروتين لا بد أن يكون صحيحاً مع المضخات والروافع جميعها فى مكانها الصحيح، وأيضاً تدور حوله الذرات الصحيحة. وبصفة مطلقة، فإن التتابعية الخاصة للحامض الأمينى مع السلسلة هى التى تحدد هيئة التشكل النهائى للأبعاد الثلاثة، وبالتالى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبروتين.

هذه التتابعية الموهولة واللافتة للنظر من الوقائع تتكرر فى عشرات الآلاف من الريبوسومات المنتشرة فى كل أنحاء الخلية، لتنتج عشرات الآلاف من البروتين. إن التكرار هنا يستحق أن يُنجز، بالرغم من وضوح الغرض، باعتبار أن الجزيئات المشاركة فى الأمر، ليس لها عقل. وبصفة جمعية فإنهم يقومون بتعاون نمطى نموذجى كما لو كان تطبيقاً لحظة معينة. ولكن على المستوى الفردى للجزيئات فإنها فقط تقوم بالعمل المفترض فيها. وحركة مرور الجزيئات داخل الخلية لا بد أن تكون عشوائية أو مشوشة، تقودها عمليات التجاذب والتنافر الكيميائية، وعلى الدوام هى مثارة بفعل الطاقة الحرارية. وعلاوة على ذلك فإنه فى وسط هذه الفوضى العمياء تبرز «الصدفوية».

وربما فى ضوء ما ذكرت، والذى قد يكون مثيراً، فقد يعطيك الانطباع بأن الحياة فضلاً عن التكاثر، فإن صناعة البروتين هى كل شىء فى مسألة «الحياة». بالطبع من السهل أن تخرج بهذا الانطباع من الاطلاع على الكتب العادية للبيولوجيا الجزيئية. ومهما كانت «صناعة البروتين» بمثابة توصيف وظيفى جيد للدنا، فبال تأكيد لا بد أن هناك ما هو أكثر من ذلك فى مسألة الحياة هذه؟ ماذا عن الطفوس الحميمة؟ بناء أعشاش الطيور؟ وماذا عن البناء الاجتماعى؟ وماذا عن

السلوكيات المثيرة للحيرة والارتباك مثل هجرة الطيور؟ ونسج المقرات الشبكية للعناكب؟

لكي تفهم الحياة في كليتها وروعة تعقيداتها يعنى أن تذهب وراء مجرد الجزيئات، وأن يكون الإنسان أو الكائن العضوى فى مجموعة محل التقدير، مع كل تراتبية مستوياتها، ومنظوماتها ذات المدى الواسع. كما يتطلب الأمر أيضا التمييز أو التفرقة بين «البناء» و«الوظيفة». والنجاح البيولوجى للجزيئات يتجذر فى جزء كبير منه على وضوح الأشكال والتآلفات الكيميائية لجزيئات معينة مثل القاعديات والبروتينات. ولكن ليس من الممكن اختصار «الحياة» فى مجموعة من الأشكال الثابتة، ألقى بها معًا بشكل عشوائى. والقوة التنظيمية للأشياء الحية تتطلب عمليات تعاونية تحتضن الجزيئات وتدمج سلوكياتها فى وحدة متماسكة. وعلى ذلك فإن شيئًا حاسمًا لم يتوضح حتى الآن. ما هو؟

الإجابة تكمن فى أعماق الوصف شبه الممتع لعملية إنتاج البروتين. لقد بدأت بشرح الأشكال الهندسية للجزيئات، وبناء الدنا، وتتابعات الأزواج القاعدية، ثم تسللت إلى الموضوع بآدًا بوصف الرسائل والمعلومات والتحديدات الوظيفية. وباختصار أكون قد انتقلت من لغة الهاردوير إلى لغة السوفت وير. الجين هو مادة ذات شكل متميز فى فراغ ثلاثى الأبعاد، ولكنها أيضًا عبارة عن تعليمات لعمل شىء. سر الحياة يكمن فى هذا المحتوى البيولوجى ذى الوظيفة المزدوجة، وليس هناك أفضل من الكود الجينى لكى نضىء سر هذه الازدواجية.

الشفرة الوراثية (الجينية):

لقد وصفت الحياة كصفقة مغلقة بين الأحماض الجزيئية والبروتين. ومع ذلك فإن هذه الجزيئات تقطن مجالات كيميائية مختلفة تمامًا، إذا ما تحدثنا بشكل عار من المصطلحات. وهذا ينعكس بوضوح على العملية الحسابية لنقل المعلومات. قائمة

المعلومات المطلوبة لتكوين البروتين يتم تخزينها في الدنا بواسطة استخدام الحروف الهجائية: AGCT، ومن الناحية الأخرى فإن البروتينات يتم صنعها عبر ٢٠ نوعاً من الأحماض الأمينية، ومن الواضح أن من ٢٠ إلى أربعة ربما لا تمضي إلى نهايتها. إذن كيف تتواصل البروتينات مع الأحماض الجزيئية.

وقد اكتشفت الحياة الأرضية حلاً دقيقاً لهذا اللا توافق العددي عن طريق عمل حزم ثلاثية من القاعديات. لأن أربع قاعديات يمكن نظمها في ٦٤ تبديلاً في كل ثلاثة منها، ورقم العشرين سوف يعمل مع ٦٤، مع ترك مساحة لما هو زائد على الحاجة وللترقيم وتتابعية درجات سلم الدنا المقررة، ثلاث إثر ثلاث وهو بالضبط التابع الخاص بالأحماض الأمينية والصادر بشأنها التعليمات إليها.

لكي نترجم أو نتقل من ٦٤ ثلاثياً إلى ٢٠ حمضاً أمينياً، معناها أن تعين لكل ثلاثي (وبصطلح على تسميتها بشفرة واحدة «أى مفرد شفرة» codon) حمضاً أمينياً متطابقاً مع الثلاثي ذاك. وهذا التعيين أو التخصيص هو الذى يسمى الشفرة الوراثية أو الجينية. وهذه الفكرة الخاصة بأن الحياة تستخدم شفرة، كان قد اقترحها فى بواكير خمسينيات القرن الماضى جورج جاموف George Gamow، وهو الفيزيائى نفسه، الذى افترض النظرية الكونية الحديثة المتعلقة بالانفجار الكبير. وكما فى كل ترجمة فلا بد أن يكون هناك من يجيد لغتين أو شيء من هذا القبيل. وفى هذه الحالة لتحويل التعليمات المشفرة المكتوبة بلغة الأحماض الجزيئية إلى نتائج مكتوبة بهذه اللغة. لعله سيكون واضحاً مما شرحت أن هذه الخطوة الحاسمة الخاصة بالترجمة تحدث فى الكائن العضوى عندما تكون الأحماض الأمينية الصحيحة والمناسبة، قد ألحقت بالجزيئات الخاصة فى ناقل الرنا قبل عملية تركيب البروتين. (أسف يلزم هنا العودة لقراءة ما شرحت فى هذه النقطة). هذا الإلحاق تقوم به مجموعة من الإنزيمات المتسمة بالمهارة حتى إنها تتعرف على كل من تتابعات الرنا وكل من الحموض الأمينية المختلفة، ومن ثم تزوج بينهم على نحو صحيح ليؤدوا المنوط بهم.

هذه الشفرة الوراثية مع قليل من الاكتشافات الحديثة على تنوعها، تمثل شيئاً مألوفاً في كل الأشكال المعروفة للحياة. وحقيقة أنها عالمية يمكن أن تكون مفهومة وذات معنى، لأنها تعنى أنها أستخدمت بنجاح من كل السالفين لمختلف أنواع الحياة، وأنها كانت من القوة والنشاط لدرجة أن تبقى عبر بلايين السنين من التطور، ومن دونها ستكون عملية إنتاج البروتين مسألة «مرة يصيب ومرة يخطئ».

وثمة أسئلة تسود في هذا المجال. كيف لهذا النظام الخاص المعقد أن يبرز في المقام الأول؟ لماذا من بين ١٠^٧ شفرة ممكنة والقائمة على الثلاثيات، اختارت الطبيعة واحدة للاستخدام العالمي؟ هل لشفرة أخرى أن تقوم بالعمل مثلها؟ وإذا كانت هناك حياة فوق كوكب المريخ هل ستكون لها نفس الشفرة الجينية كما في الحياة الأرضية؟ هل يمكن لنا تخيل حياة من دون شفرة، والتي عبرها تتوقف صفقة الجزيئات مباشرة مع بعضها على أساس التآلفات الكيماوية وحدها؟ أو أن أصل الشفرة الجينية أو الوراثية ذاتها (أو على الأقل واحدة مفردة منها) هو المفتاح لأصل الحياة؟ وكان البيولوجي الإنجليزي جون ماينارد **John Maynard** قد وصف أصل الشفرة بأنها من أكثر المشاكل إرباكاً وإثارةً للحيرة في البيولوجيا التطورية. وكان أورز سزاثماري **Eörs Szathmary** قد كتب يقول^(٣): «آلية الترجمة القائمة حالياً، هي في الوقت نفسه عالمية إلى أقصى حد، ومعقدة إلى ذات الحد، وضرورية حتى إنه من الصعب تصور ما الذي كان سيأتى للوجود، أو كيف كان للحياة أن توجد من دونها».

ولكى تأخذ فكرة عن أى حد تمثل هذه الشفرة أحجية. إذا أنت ألقيت وراءك الأرقام المستخدمة في الموضوع. فلماذا إذن، اختارت الحياة أن نستخدم ٢٠ حمضاً أمينياً وأربعة من النيوكليتايدات القاعدية؟ سوف يكون من الأكثر سهولة مثلاً استخدام ١٦ حمضاً أمينياً وعمل حزم ثنائية من القاعديات الأربع، بدلاً من الحزم الثلاثية.

وربما أكثر سهولة أن يكون لنا اثنتان فقط من القاعديات واستخدام شفرة مزدوجة مثل الكمبيوتر. لو كان نظامًا أبسط قد ظهر، فسيكون من الصعب أن ترى كيف كان سيعمل النظام الشفرى الثلاثى المعقد. ستكون الإجابة: «لقد كانت فكرة جيدة فى ذلك الوقت». لو أن الشفرة ظهرت فى مرحلة باكراً جداً من تاريخ الحياة، ربما حتى فى المرحلة قبل البيولوجية، فإن الرقمين ٤، ٢٠، ربما يكونان أفضل الطرق لأسباب كيميائية لها صلة بالمرحلة. الحياة التصفقت ببساطة بهذه الأرقام ومن وقتها ضاع الغرض الأصلى منها. أو ربما فرصة اختيار ٤، ٢٠ هو الطريق الأقصى أو الأمثل لفعل ذلك. وثمة ميزة فى قيام الحياة باستخدام تعدد متنوع من الأحماض الأمينية، لأنها معاً تستطيع أن تتشابه فى «خيوط» بطرق متعددة، عارضة خيارات أكثر من البروتين. ولكن هناك ثمة أيضاً لذلك، فإنه مع زيادة عدد الأحماض الأمينية، ثمة مخاطرة فى زيادة أخطاء الترجمة. مع الزيادة البالغة من الأحماض الأمينية فى المجال فستكون هناك زيادة أيضاً فى التشابه منها، ومن ثم يتم الإمساك بالحمض الخطأ فى سلسلة البروتين. وهكذا فربما يكون الرقم ٢٠ هو نوع من التسوية أو الحل الوسط.

وهناك أيضاً مشكلة أشد قسوة تتعلق بمهام التشفير: أى شفرة ثلاثية لأى حمض أمينى؟ كيف يأتى هذا للتخصيص؟ حيث إن قاعديات الأحماض الجزيئية والأحماض الأمينية لا يميز كل منهما الآخر بشكل مباشر ولكن عبر توسطات كيميائية، وليس ثمة شىء واضح عن سبب ذهاب ثلاثى معين لحمض أمينى معين. ومن المفهوم أن تكون ثمة ترجمات أخرى. ولكن المعلومات المشفرة هى فكرة جيدة، إلا أن الشفرة الفعلية هى من النوع التحكمى. ربما كانت ببساطة حادثة أو واقعة متجمدة، أو خياراً عشوائياً حبست نفسها فيه، من دون أى معنى أكثر عمقاً. ومن الناحية الأخرى، فربما يوجد سبب لطيف لماذا تعمل هذه الشفرة المعينة بشكل أجود، ولو أن شفرة ما تعلقو حافتها شفرة أخرى: الجدارية والحكمة فإن التطور فى هذه الحالة سيختارها، ومن خلال عملية تعديل إصلاحية ناجحة،

وبالتالى سيتم التوصل إلى الشفرة القصوى. ويبدو الأمر معقولاً هكذا، ولكن لا تخلو هذه النظرية بنورها من مشاكل أيضاً. التطور الداروينى يعمل من خلال الخطوات الوفيرة، محتضناً أو مرتّباً وسائل الإعاشة للمزايا عبر أجيال وأجيال كثيرة. وفى هذه الحالة لن تنفع الشفرة فى إنجاز ذلك، لأن تغيير تخصيص واحد لا يعنى التغيير فى واحد فقط ولكن فى طقم كامل من البروتين والتى من بينها البروتينات المسؤولة عن تنشيط وتسهيل عملية الترجمة ذاتها. لذا، فإن تغيير الشفرة ينطوى على مغامرة تغذية آلة الترجمة المزروعة فيها، بحيث تؤدي إلى كارثة التغذية المرتدة بأخطاء قد تحطم العملية كلها. لكى تحصل على ترجمة صحيحة، فعلى الخلية أولاً، أن تترجم على نحو صحيح.

وتبدو هذه النتيجة محملة بالتناقض، وكان كارل ويز Karl Woese⁽⁴⁾. قد اقترح حلاً ممكناً، حيث اعتقد أن شفرة التخصيص وآلية الترجمة كليهما يرتبط معاً. حيث توجد، بدايةً، شفرة جاهزة وفى حالة أولية غير مصقولة، وكذا عملية الترجمة ذاتها، تكون فى حالة مشابهة، بل تكاد تكون مؤجلة. وفى هذه المرحلة المبكرة، والتى ربما لم تكن قد ظهر بعد عدد العشرين حمضاً أمينياً، وبالتالي لم تكن الآلية قد استعانت بكفاءة الإنزيمات والمنقحة جيداً التى تستخدمها الحياة اليوم. ومن الواضح أن بعض التخصيصات الشيفرية، ستكون برهنت على سلامتها وجودتها عن غيرها، وأن أى آلية تمارس أقل نزعة للخطأ فى عملية التخصيص هذه لا شك ستقوم بتشفير أكثر الإنزيمات أهمية لها، وهو الإنزيم الذى سيحقق الفوز عن غيره من الإنزيمات. وبالتالي، فسيكون التكاثر أكثر دقةً، وسيجرى شيفرته على النحو نفسه، بحيث تسود فى الخلايا الوليدة تلك الإنزيمات الصحيحة ومعها شيفرتها الخاصة بها. وفى هذا السياق، فإن تشفيراً أحسن للمهام، قد يعنى أنه سيكون قوياً ونشطاً لدرجة أنه عند مصادفته خطأ فى الترجمة، بالنسبة للحمض الأمينى الذى قد تم صنعه بالفعل، سيؤثر ذلك على الخطأ الذى سيجد صعوبة وغموضاً فى تواؤمه مع الحمض الأمينى. أو أنه فى حالة أن الخطأ قد يتسبب فى

صنع حمض أميني مختلف. فإنه سيكون قريباً من الحمض الأميني المقصود أصلاً، وبالتالي سينجز البروتين مهمته على الوجه المطلوب. ومن هنا، فإن تعديلات ناجحة من هذا النوع من العمليات ربما قادت للشفرة العالمية التي نراها اليوم تماماً، مثل صورة يتدرج ظهورها التام من الضبابية الكاملة إلى الوضوح الكامل.

ومن الممكن أن الشفرة، متضمنة تفسيراً أعمق. ولو أمكن رسم أو وضع قائمة بالمهام المشفرة، فإنه سيصبح ممكناً تحليلها رياضياً بحيث نستطيع معرفة ما إذا كانت بالفعل محتوية على نموذج داخلي. وكان بيتر جارفيس **Peter Jarvis** وزملاؤه بجامعة تاسمانيا **Tasmania** قد ادّعى بأن الشفرة العالمية تدعّن لتتابعات رمزية أشبه بمستويات الطاقة في الجزيء النووي، وربما بالتالي تكون مرتبطة بخاصية ناعمة لجسيم دون ذرى يسمى «المتناسق الفائق» **supersymmetry** ^(٥). وهذا التطابق الرياضي ربما يكون صدقياً بحثاً، أو ربما يشير إلى علاقات مهمة وخافية علينا بين فيزياء الجزيئات المتصلة بالموضوع ومنظمة الشفرة ^(٦).

لقد وجهت القارئ إلى تقنيات الشفرة الجينية بهدف تكوين فكرة مهمة مؤدية مباشرة للقلب من سر الحياة. وأى تغذية **input** مشفرة ستكون عبارة عن أخلاط من المعلومات غير المستخدمة ما دام لا يوجد مفسر يقوم مقام المفتاح الذي يفتح هذه الشفرة. حيث إن الرسالة للشفرة تكون جيدة فقط، عندما تكون قابلة للاستخدام عند وضعها في سياق ما مثلما نقول: «إنها تعنى شيئاً». وفي الفصل الأول قدمت التفرقة بين بناء الجمل **syntactic** وعلم دلالات الألفاظ وتطورها **semantic** في مجال المعلوماتية. ومن ناحيتها، فإن المعلومات الجينية هي مجرد «بناء جمل». أما المنفعة للمعلومات المشفرة جينياً فتتجذر في حقيقة أن الحمض الأميني يستطيع أن يفهمها. إن المعلومات الموزعة على شريط من الدنا لها صلة بيولوجية بالأمر، وعلى المستوى الحديث بلغة الكمبيوتر، فإن المعلومات الجينية هي معلومات دلالات ألفاظ.

ولكى يمكنك إيضاح هذه النقطة جيدًا، ضع في اعتبارك الكيفية، التى تتوزع بها موضعة القاعديات الأربع ACGT فى الدنا، وكما سبق شرحه فإن تتابعها يشبه الحروف الهجائية أو الألفبائية، ويمكنها إذن أن تنتهى شيفرًا التعليمات الخاصة بصنع البروتين. وأى تراتب آخر للحروف، سوف يكون بالتأكيد غير مفيد بيولوجيًا. وأى جزء رفيع من تتابعية ممكنة تعطى رسالة ذات معنى من الناحية البيولوجية تمامًا بذات الطريقة، التى يشكل بها تتابع معين للكلمات كتابًا له معنى^(٧). وبطريقة أخرى للتعبير عن ذلك: القول بأن الجينات والبروتينات يتطلبان درجة عالية وفائقة الدقة فى تخصيصية تعليماتها. وكما ذكرت فى قائمتى لخواص الحياة فى الفصل الأول بأن الكائن العضوى الحى لا ينحصر غموضه فى كونه فى حد ذاته معقدًا، بل لكون تعقيده قائمًا على تخصيصية ضئيلة أو رقيقة القوام جدًا. ولكى تفهم كيف برزت الحياة من اللا حياة ستكون بحاجة لكى نعرف ليس فقط كيف تركزت المعلومات البيولوجية، ولكن كيف أن المعلومات البيولوجية المفيدة قد جرى تخصيصها. باعتبار أن البيئة التى ظهر فيها الكائن العضوى لأول مرة من المفترض أنها كانت مجرد وجود عشوائى للجزيئات الأشبه بأحجار البناء. وباختصار كيف برزت المعلومات ذات المعنى مصادفة من قلب الخردة البالية غير المنماسة؟

لقد بدأت هذا الفصل بالتركيز على الطبيعة المزدوجة للجزء البيولوجى بحيث تستطيع أن تكون فى ذات الوقت هاردوير - بالذات التشكلات ثلاثية الأبعاد - وأيضًا سوفت وير. والشفرة الجينية فقط توضح لنا أهمية الوجه المعلوماتى للجزء البيولوجى. ومهمة شرح أصل الحياة تذهب إلى أبعد من العثور على طريقة كيميائية قابلة للتصديق ولو ظاهريًا فى «الحساء» البدائى. نحن فى حاجة لأن نعرف - على المستوى المفهومى - كيف يؤدى مجرد الهاردوير لبروز السوفت وير؟

تلقي الرسالة:

أقوم حالياً بتحرير كتابي هذا على كمبيوتر عتيق الطراز يحمل ماركة ماكينتوش التقليدية، وله شاشة صغيرة ويحتاج إلى نقرات رقيقة لكي يعمل، وكلل الكمبيوترات، فإنه مصنوع أساساً من البلاستيك ولكن محتواه الداخلي والحاسم يشتمل على معادن وأشباه موصلات، وهذه جميعاً بالإضافة إلى الأسلاك ولوحة المفاتيح والشاشة الزجاجية تشكل ما نتعارف عليه بالهاردوير، أى الأجزاء المرئية الملموسة من الجهاز. ولكن الجهاز يصبح عديم النفع من دون السوفت وير (أى مجموعة الأوامر المكتوبة بلغة من لغات الكمبيوتر، ونضعها فى الذاكرة الرئيسية له لتقوم بتشغيل الجهاز فى اتجاه تنفيذ مهمة معينة «الترجم»)، الذى يقوده إلى ماذا سيفعل. وبالطبع، فإن الأسطوانات المدمجة ذاتها هى من قبيل الهاردوير، ولكن المعلومات المشفرة المزروعة على سطحها هى التى تهمننا. وهى المعلومات التى يجب على الآلة أن تقرأها. وبمجرد ربط السوفت وير الصحيح مع الهاردوير الصحيح، يصبح العمل جاهزاً ويمكن للبرنامج أن يدور.

والحياة قريبة الشبه جداً من هذا. فالخلية الحية مصنوعة بدرجة كبيرة من البروتين، وهذا ما يمثل الهاردوير والغشاء المحيط بالخلية يشابه الإطار البلاستيكي للكمبيوتر، ربما أو لكى أكون أكثر دقة تشابه الرقائق الميكرووية microchips، والمحفور عليها المطلوب بشكل غير مباشر. وليس من الجيد أن نلقى بكونه من البروتينات فى حاوية، ثم نتوقع بعدئذ حدوث الحياة، حتى ولو معها المواد الخام اللازمة. لأن الخلية لن تفعل شيئاً مبهراً من دون السوفت وير اللازم. ويجئتنا الإمداد به عادة من الدنا. تماماً مثل القرص اللين floppy disk (الذى يحمل فوق سطحه السوفت وير، ويتم إدخاله فى الهاردوير لبدأ عمل البرنامج المطلوب «الترجم»). والدنا نفسه هو أيضاً من الهاردوير، ولكن الملمح الحاسم هنا ليس المادة المصنوع منها الدنا، ولكن فى الرسالة المكتوبة بواسطة قاعدياته الزوجية.

ولكن هذه الرسالة فى وسط بيئة جزيئية صحيحة - فى سياق دلالة لفظية صحيحة - ما الذى تتوقعه: إن الحياة تحدث!

وهكذا فإن الحياة عبارة عن خليط فائن ورائع من الهاردوير والسوفت وير. وما هو أكثر من مجرد التعقيد، بأنها قد أبلغت بأن تكون معقدة. ودعى أوضح هذه النقطة الحاسمة البحتة بواسطة زوج من المشابهات. لقد كان القرن الـ ١٩ هو قرن الآلة بلا منازع، حيث تم اختراع الكثير منها. ولناخذ الآلة البخارية على سبيل المثال: كرتان ملحقتان بروافع تتناوب الحركة التى يحددها ضغط البخار، فإذا ما زاد الضغط تدور الكرة بسرعة، بحيث من خلال قوة الطرد المركزى تدفع صماماً لكى ينفتح، وبالتالي يخف الضغط. واليوم نصف المبدأ الذى يقف وراء هذا النوع من الآلية بالتغذية المرتدة **feedback**، ولم نعد نجربها بالكرات، وإنما بدلاً منها نستخدم جهازاً للإحساس، سيقوم بتغذية كمبيوتر صغير أو ما يشبهه وبطريقة كهربائية، معطياً تعليماته للصمام لكى يفتح أو يغلق عبر موتور. وسيارة زوجتى لديها شىء من هذا ليحدد كم الوقود بها وكفأته للغرض. إنه يحدد السرعة التى يجب أن تجرى بها السيارة عندما يكون الوقود فى حالته الدنيا. والفرق بين السحب والدفع فى التحكم الميكانيكى بالآلة بخارية والأسلوب الإلكتروني المذكور، هو أن الأول عبارة عن حل للمشكلة بأسلوب الهاردوير، بينما الأخير يعتمد على المعلوماتية والسوفت وير.

إن قوة السوفت وير فى أنها تقوم مقام السطح، الذى يمثل حدوداً مشتركة لحيزين، أى الفاصل بين الطباشير والجبن. أعنى تلك الأنواع المختلفة من الهاردوير التى لا يمكنها أن تتعامل بكفاءة مع بعضها البعض. قارن الصعوبة فى محاولة توجيه طائرة ورقية إلى سهولة الطيران ونعومته الذى تطير به طائرة فعلية، وذلك باستخدام موجه عن بعد «ريموت كنترول».

الفرق هنا يرجع إلى الهاردوير فى مقابل السوفت وير. إن سحب أو جر خيوط الطائرة الورقية هو شىء مباشر، ولكنها طريقة خرقاء أو

على الأقل غير رشيقة بالمرة، لاقتران هاردوير الطائرة بهاردوير الذى يقود العملية (الشخص الواقف على الأرض). أما النظام المتعلق بالإرسال اللا سلكى والذى يقوم أولاً على تشفير التعليمات، ثم بعد ذلك يرسل هذه المعلومات بقوة أكبر لتتم ترجمتها على الناحية الأخرى، فهو نظام يعمل بكفاءة أكثر. وبالطبع يمكن وصف تدفق المعلومات من الأرض لطائرة وبلغة الهاردوير: موجات راديوية يتم توليدها من الجهاز المرسل إلى الجهاز المستقبل، حيث تحدث تيارات كهربائية من شأنها أن تثير الدوران وتحريك أجنحة الطائرة... إلخ. ومع ذلك، فإن وصف الهاردوير على هذا النحو أمر ثانوى بالنسبة لأداء الطائرة. لأن الدور الذى تلعبه الموجات الراديوية هو ببساطة أنها تصبح بمثابة قنوات للمعلومات. الموجات إذن لا تسحب أو تتفع الطائرة. وبدلاً من ذلك، فإن المعلومات المشفرة تسخر قوى أخرى أكثر فاعلية للقيام بالعمل.

إن طائرة ورقية متسمة بالحركة المتثاقلة هي (حرفياً) ميكانيزم سلكى، بينما طائرة قائمة على نظام موجى خاضع للسيطرة وأكثر كفاءة من سابقة بالطبع، هو نظام قائم على آلية المعلومات المحكومة. فى الكائن العضوى الحى نستطيع أن نرى القوة الزائدة السوفت وير أو المعلوماتية. وكيف تمت تنقيتها إلى حد لا يصدق. الخلايا ليست ذات طابع سلكى كالتائرات الورقية. وعوضاً عن ذلك، فإن انسياب المعلومات يخلط ويزاوج بين «طباشير» أحماض الجزيئات مع «الجبن» البروتين باستخدام الشفرة الجينية. بينما الطاقة المخزنة والقوى الأخرى فهى مسخرة لعبء تنفيذ التعليمات المبرمجة مثل اللا سلكى المحكوم فى الطائرة.

وباستخدام هذه الطريقة، فإن مشكلة أصل الحياة تتراجع إلى واحدة تتمثل فى كيف برز السوفت وير المشفر بالمصانفة من قلب الهاردوير. كيف حدث ذلك؟ نحن لا نتعامل هنا مع شىء بسيط يتعلق بتنقية وتكيف.

وليس فقط مجرد تضخيم أو توسيع التعقيد، ولا حتى مزاجية المعلومات، ولكن مع تغيير أساسى فى المفهوم. إنها أشبه بمحاولة شرح كيف لطائرة ورقية أن تستحيل إلى طائرة قائمة على الموجات المحكومة. هل تسمح قوانين الطبيعة الحالية، وكما نفهمها، بهذا الانتقال؟ لا أعتقد أنها تسمح بذلك. ولكى ترى لماذا لا، فعلياً أن نحفر قليلاً فى عمق السلوك المعلوماتى للحياة.

شفرة داخل الشفرة:

لقد شرحت أن الحياة فى مستواها الأدنى لها نفس البناء المنطقى للكمبيوتر. وهذه الحقيقة تعطينا الفرصة لأن نسبع بعض الدقة على الأفكار المراوغة، مثل التعقيد والطابع المعلوماتى البيولوجى، وذلك بأن نلجأ إلى نظرية الحوسبة (الكمبيوتر). (وعلى القارئ ألا يعتريه اليأس، فلن أعود فى ذلك للرياضيات المتقدمة). لعل من الكثير الذى يصيبنا بالحيرة والارتباك إزاء الحياة يرجع إلى الاضطراب فى معنى بعض المصطلحات مثل النظام «order» والمنظمة organization والأنطروبيا entropy، والمصادفة chance، والعشوائية randomness، والمعلومات information، والتعقيد complexity. هذه الكلمات عادة ما يتم توظيفها بطريقة غير دقيقة وملتبسة، وبصفة خاصة «النظام» و«المنظمة».

ولكن أول الأمر دعنا ننظر فى كلمة «العشوائية»، وسوف أستخدم فى ذلك مثلاً أولياً، يتمثل فى صف من الواحدات والأصفار كما يظهر فى الشكل (٤-٤). ومن الواضح الأ عشوائية هناك، ولكن ثمة التكرارية. والطريقة المفيدة فى التعبير عن النموذج المشاهد ذاك يكمن فى مصطلحات «المعلومات» (الطريقة المزدوجة للواحد والصفر يمكن بالطبع استخدامها لتشفير المعلومات، وهذا ما يفعله معظم

وباستخدام هذه «الخوارزمية» أى برنامج الكمبيوتر فمن الواضح أن التتابع العشوائى هو أيضًا عملية تتابع لمعلومات تتسم بالثراء، لأن المعلومات لا يمكن دمجها فى صيغة بسيطة، وبالمقارنة، فإن نموذجًا غير عشوائى، مثل النموذج التكرارى فى شكل (٤-٤) يحتوى على معلومات قليلة جدًا، لأنها يمكن اختصارها فى وقت قصير (اطبع حتى ٢٥ نسخة عشر مرات). وإذا كان بيت القصيد كله من تتابع ما هو تشفير المعلومات، مثلما فى الخريطة الجينية مثلاً، فإن هذا لن يفيد، وإنما السبيل الأمثل هى العشوائية.

فى الشكل (٥-٤) يبدو صف الأحاد والأصفار فى حالة عشوائية واضحة. ولكن هل يمكننا التأكد من ذلك؟ كيف لنا أن نعرف أنه ليس ثمة نموذج صلب التركيب يكمن داخل التتابع؟ بالفعل هناك هذا النموذج. فالتتابع البادى فى الأعداد الخمسين الأولى من النسبة التقريبية $(\pi=3.14159265)$ ، يمكن التعبير عنها بشكل ثنائى. ويمكن توليدها أو إكثارها عن طريق سطور قليلة فى برمجة كمبيوترية قائمة على صيغة بسيطة. ومع ذلك فإذا كنت لا تعرف ذلك فلن تستطيع رؤية أى نموذج: التتابع كان متوافقاً مع كل الاختبارات الإحصائية المألوفة عن العشوائية. وبالتالي، فإن النسبة التقريبية باستخدام التعريف الحسابى، ليست عشوائية.

110010010000111111011101010100010001000010110100011

شكل (٥-٤)

العشوائية؟ هذا التتابع الثنائى يبدو عشوائياً، وغير معروف له أى نموذج بعد. ولكنه يحوى نظاماً مخفياً. إنها فى الواقع أرقام النسبة التقريبية التى يمكن إكثارها بعملية حسابية بسيطة. وبالتالي ليست عشوائية على الإطلاق. وبمعنى من المعانى، فإن التتابع يحوى معلومات قليلة.

حتى الآن وجهت المناقشة على نحو صارم تجاه الرياضيات؟ ماذا عن الطبيعة؟ إنه يمكننا استخدام مفهوم العشوائية الحسابية لإعطاء تعبير قوى عن فكرة «القانون». إن قانوناً طبيعياً هو في جوهره عبارة عن طريقة بسيطة لوصف (أو التنبؤ بـ) سلوك معقد وباستخدام مثال معروف جيداً: انظر لخسوف الشمس، إذا حددت بنجاح تاريخ كل خسوف ناجح وعبرت عنه بشكل ثنائي، فسيمكنك الحصول على صف من الواحدات والأصفار التي ستبدو عشوائية، ولكن ذلك سيكون مظهرًا مخادعًا. ونحن يمكننا استخدام قوانين نيوتن للتنبؤ بتواريخ الخسوف، وكل السمات الأخرى لكل المدارات الكوكبية. وقوانين نيوتن هذه هي صيغ رياضية بسيطة يمكن كتابتها كلها على كارت بريدي صغير، ومن ثم، فإن المعلومات عن كل تلك الخسوفات، بل كل من موقعي الأرض والقمر في كل يوم من أيام السنة، هي في الواقع متضمنة في مجرد حسبه قصيرة. وعليه، فإن نظام الأرض - الشمس - القمر هي معلومات فقيرة الطابع ولكنها تعرض نماذج عميقة عديدة، وكثيراً من النظم المطردة^(٩).

عملية النمذجة أو النظام يتحققان في حركة الكواكب، وتمثيلها في وجود حسابيات بسيطة نيوتونية، هو في حد ذاته مثال لقانون فيزيائي. وعنها يكون القانون في حالة عمل، فإننا نعني أن وصف سلوك نظام ما ليس عشوائياً، وأن مستقبل النظام يمكن التنبؤ به بدقة بواسطة صيغة مبسطة.

ويمكننا الآن أن نرى الطبيعة الحقيقية للسر البيولوجي، حيث يظهر شكل (٤-٦) تابعاً ثنائياً مختلفاً. في هذه المرة. هو خريطة جينية للفيروس MS2^(١٠). (التهاب الكبد الوبائي بفيروس ب)، معبراً عنه باستخدام مايلي: $G=01$, $C=10$, $A=00$, $U=11$ والآن فلنسال السؤال: هل الصيغة المعبر عنها في شكل (٤-٦) عشوائية^(١١)؟ أو أنه توجد صيغة حسابية بسيطة، يمكنها أن تظهرها كنتيجة output خارجة عن عملية كمبيوترية؟ وبكلمات أخرى، هل هناك شفرة داخل الشفرة الجينية (أي كتابة تُحرَّر بعد مسح الكتابة الأولى)، ويمكنها أن تكون ذات

نفوذ على الكائن العضوى؟» وأعتقد أن معظم الناس سيجيبون عن هذا السؤال بالنفى. سوف يشعرون على نحو حدسى أن التابع هنا لا بد أن يكون عشوائياً. لماذا؟ حسناً افترض أنني كنت عرضت الخريطة الجينية لكائن بشرى بدلاً من الفيروس MS2. سوف يكون كريهاً أو متعارضاً أن تقترح أن القدر الأساسى من بنيتنا الجسدية والعقلية بما فيها الكثير من شخصيتنا «يمكن اختصاره إلى مجرد صيغة»، من المؤكد أن هناك ما هو أكثر من ذلك بالنسبة للكائن البشرى (بل حتى بالنسبة لفيروس) من الذى يمكن إمساكه فى عملية معالجة حوسبية كمبيوترية تافهة. تخيل أنك جسد وروح - دعنا نقول - تصبح لا أكثر من الجذر التربيعى لرقم غير مميز، ومرتبطة ككرتك (عمود الإدارة) لماكينه جزيئية تستخدم أربعة حروف هجائية.

...01000111101111010010011100111010111010111011110101000010...

شكل (٤-٦)

خريطة جينية عشوائية؟ وهذا جزء من الخريطة الجينية لفيروس MS2: والتى بالكاد يجب أن تكون عشوائية، إذا كانت تحتوى على كثير من المعلومات الجينية. الأحماض الأمينية فى البروتينات المسجلة فيها سوف تكون مرتبطة فى نظام عشوائى.

هناك أيضاً سبب أقل عاطفية للاعتقاد بأن الجينوم عشوائى بالدرجة الأولى. وظيفة الخريطة الجينية - بعد كل شئء تتلخص فى تخزين المعلومات الجينية. وبوجود التعقيد والتنوعية اللا محدودة تقريباً فى الأشياء الحية، ومن الضرورى أن تجعلهم يتأقلمون، ومن ثم، فلا بد أن هناك الكثير من المعلومات المتخصصة التى تحتوى عليها كل خريطة جينية. ولكن إذا كانت الخرائط الجينية وافرة المعلومات كما تتطلبها وظائفهم الحيوية، فلا بد إذن، أن تكون عشوائية، (أو بالكاد تكون كذلك)^(١٦). إن خريطة عشوائية دورية أو متكررة، على سبيل المثال، سوف تقيد

أو تعوقها الرسالة الجينية المتكررة بشكل غير نافع، كما مسجل أصيب بعطل.
ليس ثمة شفرة داخل الشفرة.

والآن أنت ربما تفكر أنه إذا كانت المنظمة العضوية عشوائية، فإن عملية نشوئها تكون بسيطة لأنه من البسيط أن تنشئ نماذج عشوائية. فقط افتح جرة ملاء بحبوب القهوة وانثر الحبوب على الأرض. وبالتأكيد الطبيعة مكتظة بعمليات، كيفما اتفق «haphazard» وتنشئ chaotic التي قد تنشئ عشوائية من الجزيئات الماكروية مثل الخريطة الجينية.

إنه سؤال جيد، ويضع علامة على نقطة أننا نواجه الطبيعة الصارمة بحق، والغامضة للحياة بطريقة قوية و صارمة. الحقيقة الأولى: الأغلبية الكبيرة من التتابعات الممكنة في حمض نووي جزيئي هو تتابع عشوائي. الحقيقة الثانية: ليس كل تتابع عشوائي يعتبر كخريطة جينية. وبعيداً عنه، في الواقع، فثمة شذرة رفيعة، رفيعة جداً، من كل تتابع عشوائي ممكن سوف تكون حتى موجهة للوظائف البيولوجية. والخرائط الجينية الوظيفية هي تتابع عشوائي، ولكن ليس أى نوع من العشوائية، إنما تنتمي إلى نوع خاص جداً جداً من التتابعات العشوائيات البديلة، هي بالذات التي نقوم بتشفير المعلومات البيولوجية ذات الصلة. وكل التتابعات العشوائية ذات الطول نفسه تشفر نفس الكمية من المعلومات، ولكن جودة هذه المعلومات هي مسألة حاسمة: وفي الغالبية العظمى من الحالات، وبالتحديد عبر لغة البيولوجيا، ستكون الكتاب الكامل الأكثر تعقيداً.

والنتيجة التي نكون قد وصلنا إليها تُعدّ واضحة وعميقة في الوقت نفسه، وهي أن خريطة جينية وظيفية هي، في الوقت نفسه، عشوائية وذات خصائص تخصصية على مستوى عال، الأمر الذي يكاد يبدو متناقضاً. إنها لا بد أن تكون عشوائية لتحتوي على كمية حقيقية وجوهرية من المعلومات، كما لا بد أن تكون هذه المعلومات متخصصة ومحددة لكي تكون لها علاقة بما هو بيولوجي. والحيرة التي تواجهنا تتمثل في كيف لهذا البناء أن جاء للوجود. نحن نعلم أن المصادفة

يمكن أن تثمر عشوائية، ونحن نعلم أن القانون ينشئ مُنتجًا متخصصًا ومحددًا وتنبؤيًا. ولكن كيف لهاتين الخاصيتين أن تجتمعا أو تتضاما في عملية واحدة؟ كيف ندمج المصادفة مع القانون ليتعاونوا في إنجاز بناء عشوائى ومتخصص أو محدد معًا.

ولكى تعرف بعضًا من الفكرة عما نواجهه هنا فى هذه المناهضة، فهى مثل إفراغ حبات القهوة من الجرة، بحيث تشكل هذه الحبات فوق السطح الذى ستتتثر فوقه، نموذجًا عشوائيًا فى بدايته. وليس مجرد نموذج عشوائى قديم، ولكن نموذجًا عشوائيًا سابق تحديده، وضيق التخصص، وواضح لا لبس فيه. الهدف هنا يبدو مرعبًا وهائلًا. هل يمكن لقانون فى حد ذاته ومن دون عنصر حَظّ كبير (كالمصادفة مثلاً) أن يفعل مثل هذا الشئ؟ هل لعشوائية محددة أن تكون المنتج المضمون لعملية تشبه القانون ومقدرة سلفًا وميكانيكية، مثال الحساء البدائى متروكة تحت رحمة القوانين المألوفة للفيزياء والكيمياء؟ لا . إنها لا تستطيع. ليس ثمة قانون للطبيعة نعرفه يسمح بإنجاز ذلك. إن الحقيقة ذات المعنى الأكثر عمقًا سوف نراها فى الفصل العاشر.

إذا كنت قد وجدت شيئًا من الدفع أو الحث فى هذه المناقشة الجارية فلا بد أنك ستكون متسامحًا مع ما تضمنته من أن الخريطة الجينية هى نوع من الإعجاز الأعجوبى. ومع ذلك، فمعظم العضلات التى أبرزتها مسبقًا تنطبق على القوة المعادلة لتطور الخريطة الجينية عبر الزمن. وفى هذه الحالة فإن لدينا حلًا جاهزًا للمناهضة نطلق عليه: «الداروينية». المتغير الإحيائى العشوائى، بالإضافة للاختيار الطبيعى هما اللذان يقدمان زنادًا لتكاثر المعلومات البيولوجية بحيث تمتد خريطة جينية قصيرة، لتصبح خريطة جينية عشوائية طويلة عبر الزمن. المصادفة هى التى تُعَدُّ التغير الإحيائى، والقانون هو الذى يُعَدُّ شكل الانتقال للتجمع الصحيح للعشوائية والنظام المطلوب أو الذى يحتاج إليه إنشاء «الشئ الممكن». هذا والمعلومات الضرورية، وكما رأينا، تأتي من البيئة المحيطة.

والآن فإن التطور الدارويني هو عملية طويلة وشاقة على الحياة أن تتاضل بقوة لكي تُحكّم وتتقن هذه «البركة» من الجينات على هذا النحو. ولكن ماذا عن الخريطة الجينية الأولى؟ هل كانت بدورها نتاجًا لعملية تطور مشابهة جرت بقوة؟ أو أنها عملية، جاء تعقيدها هكذا من دون مقابل؟ يعلم علماء الكمبيوتر عن معضلات كمبيوترية معينة يتعذر إنقاص تعقيدها، بما يعنى أنها لا يمكن اختزالها لمنتج أبسط وأكثر أناقة. ومن أشهرها المسألة المعروفة بمعضلة مندوب المبيعات المتجول، والمتضمنة أن يجتاز الرجل أقصر الطرق لمجموعة من المدن، شريطة ألا يزور إحداها أكثر من مرة. معضلة مثل هذه تصبح عسيرة على الحل أو المعالجة عن طريق العمليات الكمبيوترية، ليس لأنها غير قابلة للحل، ولكن بسبب كمية العمليات الحوسبية المطلوبة التي تتصاعد بالحد في حجم المشكلة (نسبة إلى كم المدن الموجودة في المثال)^(١٣).

ويظهر أن عملية التقدم المعلوماتية التي نحتاج إليها لتكاثر الخريطة الجينية ربما تصبح من العسير معالجتها كمبيوتريًا. وتصنيف أو اختيار نوع معين من التابع العشوائى من التتابعات الممكنة يعد نوعًا من الترويع كعملية ترحال مندوب المبيعات الذى عليه أن يزور مليون مدينة. والتي تطلق المتناقضة المركزية للنشوء الإحيائي في المراحل الزمنية التالية. وبمعرفتنا أن الأمر يتطلب حوسبة كمبيوترية طويلة وقاسية (مثل تتابع لخطوات تقدمية معلوماتية)، لكي تتطور خريطة جينية من الميكروب إلى الإنسان، هل تستطيع الخريطة الجينية لميكروب (مع احترامنا الكامل له) أن تأتى للوجود عبر عملية كمبيوترية طويلة وقاسية؟ كيف، وقبل أن يجيء طور أو حقبة التطور الدارويني، يستطيع نوع خاص جدًا من المعلومات أن يبرز مكتسحًا أمامه بيئة غير حية ثم يتموضع، مودعًا نفسه في شيء كالخريطة الجينية.

ومن خلال الاستضاءة بنور نظرية الحوسبة الكمبيوترية، فإن معضلة النشوء الإحيائي تبدو محيرة تمامًا كما تبدو أمام عيني الفيزيائي والكيميائي. والصعوبات

ليست تقنية تمامًا. ثمة مشاكل فلسفية غائمة فى الأفق أيضًا. مفاهيم مثل «المعلومات» «السوفت وير» لا تأتى من العلم الطبيعى على الإطلاق، ولكن من نظرية الاتصالات (انظر الفصل الثانى)، وهى تتضمن أشياء ذات جدارة مثل سياقات وأحوال من التوصيفات والأفكار الغريبة تمامًا عن وصف الفيزيائيين للعالم.

وبعد، فمعظم العلماء أيدوا المفاهيم المعلوماتية وشرعية تطبيقها على الأنظمة البيولوجية، ورحّبوا بالتعامل مع معلومات علم دلالات اللغة كما لو كانت كميات من الطاقة. ومن سوء الحظ أن الـ «معنى» يبدو كما لو كان قريبًا من «الغرض»، وهو موضوع «تابو» (أى مقدس لا يتوجب المساس به) مطلق فى البيولوجيا. وهكذا تركنا مع التناقض، الذى تحتاج استعماله أو تخصيصه للمفاهيم النابعة من الأنشطة البشرية الهادفة (الاتصالات، والمعنى، السياقات، علم دلالات اللغة) للعمليات البيولوجية، التى تبدو بالتأكيد هادفة، وهى فى الحقيقة ليست كذلك (أو ليس مفترضًا أن تكون كذلك).

ثمة خطورة واضحة فى علم التخطيط أو وضع خطة لمستويات الطبيعة المدركة والمشتقة من عالم الشئون البشرية. كما لو كانت جوهرية أو حقيقية للطبيعة ذاتها. وبعد كل شيء، فإن الكائنات البشرية هى نتاج للطبيعة ولو أن للبشر هدفًا، فحينئذٍ ولمستوى معين، تكون الغرضية أو «الهدفية» قد ظهرت بدورها من الطبيعة، وبالتالي توارثت فيها. ولو أن خاصية «الهدفية» تلك قد ظهرت فقط، متصلة بمستوى عالٍ من النوع الإنسانى العاقل، أم أنها فى الحيوانات الأخرى أيضًا؟ متى سعى الكلب وحفر الأرض بحثًا عن عظام مدفونة فيها؟ هل الرغبة فى أن يسترد هذه العظام؟ وكيف اقتربت أميبيا وغمست أو غمرت جزءًا صغيرًا من الطعام. وهل كانت تتوى إبتلاعه؟ وربما كانت «الهدفية» هى خاصية حقيقية للطبيعة على مستوى النسيج الخلوى أو ربما على مستوى النسيج الخلوى الثانوى؟ ليست ثمة أجوبة متفق عليها عن هذه الأسئلة^(١٤). ولكن لا أهمية لأصل الحياة ولا يكتمل تقديره دون إعلان تلك الأسئلة.

الهوامش

(١) من المعروف أن هناك حدودًا أساسية لما يمكن اكتشافه فيما يتعلق بالنظم الأساسية. على سبيل المثال فإن لا يقينية هايزنبرج كمبدأ في ميكانيكا الكم تمنع معرفة موقع وحركة الذرة في وقت واحد. وعلى ذلك فهناك لا إمكانية أساسية للنفوذ إلى الطبيعة على مستوى الذرة. وربما يكون سر أصل الحياة هو الآخر مما لا يمكن النفوذ إليه؟ والفيزيائي نيلز بور Niels Bohr أحد مؤسسي ميكانيكا الكم اعتقد هذا المنحى في إحدى المرات، وانتهى إلى أن الحياة ربما تخفى سرها عنا بنفس الطريقة التي تخفى الذرة عنا سلوكها. «ومن منطلق هذه النظرة، فإن وجود الحياة يجب أن نعتبره كحقيقة مبدئية لا يتسنى شرحها» وهذا بنص تعبيره. انظر: الضوء والحياة "Light and Life" ل: نيلز بور ((Nature 131, 421 and 457 (1933)).

(٢) يصادف أن عدد الأحماض الأمينية المستخدمة يصل إلى واحد وعشرين حمضًا.

(٣) التحولات الرئيسية في التطور «The Major Transitions in Evolution» ل: جون ماينارد سميث John Maynard- Smith وإيروس ساثماري Eörs Szathmáry

(Freeman, Oxford and New York 1995, p. 81).

(٤) تطوّر الشيفرة الجينية «Evolution of the genetic code» ل: كارل ووز Carl Woese.

(Natur Wissen Schäften 60, 447 (1973)).

(٥) يمكن العثور على اعتبار تقني في: نموذج فائق النظامية لتطور «الشيفرة الجينية» "A Supersymmetric Model for the Evolution of the genetic code" ل: ج. د. باشفورد J.D. Bashford وآي. تسوهانتجيز I. Tsohantjis" و ب. د. جارفيز P.D. Jarvis

(Proceedings of the National Academy of Science USA 95, 987 (1998)).

(٦) ثمة دليل ظرفي مثير للاهتمام، ظهر مؤخرًا عن رابطة أخرى بين الشفرة الجينية والفيزياء الأساسية. وهو اكتشاف باتل "Patel" أن حساب جروفر Grover في الحوسبة الكمية يرجع الأرقام ٣، ٤، ٢٠ وقد ناقشت هذه المسألة باختصار في المقدمة.

(٧) مما يؤثر الاهتمام ما يظهر من أن ثمة تتابعات أو نتائج تبعية عشوائية في الدنيا والتي تعرف - ولسبب واضح - بأنها نغاية الدنيا، والتي لا تقوم بأى دور حاسم.

(٨) انظر على سبيل المثال: المعلومات والعشوائية في اللاتمامية، أبحاث عن نظرية المعلومات الحاسوبية لـ: جريجاري شاتان "Gregary Chaitin".

(Second edition, Word Scientific Press, Singapore 1990) ويقوم عمل شاتان

على أفكار سابقة لـ: إيه. ن. كولموجوروف «A.N. Kolmogorov» وراى سولومونوف «Ray Solomonoff» ويمكن الاطلاع على هذه الأعمال المبكرة في: مقدمة في التعقيد لـ:

كولموجوروف وتطبيقاته "An Introduction to Kolmogorov Complexity and Its Applications" لـ: منج لى "Ming Li" وبول فيتاني "Paul Vitanyi".

(Springer- Verlag, New York 1997).

(٩) ربما يكون تعبير «النظم المشوشة Chaotic Systems» وهى أمثلة على النظم التى يكون سلوكها بالضرورة عشوائيًا، وبالتالي لا يصبح الانضغاط الحاسبى ممكنًا معها.

(١٠) بعض الفيروسات يستخدم الرنا أكثر من الدنيا (انظر الفصل الخامس). وهذا مثال واحد تم

استقاؤه من: المعلومات وأصل الحياة "Information and the Origin of Life" لـ: بيرند- أولاف كوبرز "Bernd- Olaf Küppers".

(MIT Press, Cambridge, Mass. 1990, p. 101).

(١١) معظم النظم الجينية لن تكون بالطبع متتابعات عشوائية بالكامل، إذا كان السبب فقط يرجع لقواعد الترقيم فى الشيفرة الجينية. بالإضافة إلى أن العدد الوافر من الدنيا ربما يتضاعف أو

ينقلب رأسًا على عقب، خاصة في نوع الإيكاريوت^(*) "Eukaryotes". ومع ذلك يمكننا أن نبعد هذه العاديات المنتظمة الكثيرة والبسيطة في أن معًا، ويظل السؤال عما إذا كان المتبقى عشوائيًا. ولم يسبق إدراك نموذج نظامي داخل تعاقبات البروتين التخصصي الفردي.

(١٢) كان شروينجر "Shrödinger" واضحًا عندما وضع حدسًا بأن النظام الجيني لا بد أن يحتوى على «بلورة لا نظامية في حدوثها»: ووضع مقارنة بين بلور عادي ونموذج ورق الحائط، وأبدى ملاحظته بأن النظام الجيني كان أشبه كثيرًا بنسيج مطرز كثير النقوش. انظر: ما الحياة؟ "What is Life?" لـ: إروين شروينجر "Erwin Shrödinger".

(Cambridge University Press, Cambridge 1944, p. 64).

وهناك أيضًا مناقشة واضحة للغاية في التفرقة بين النظام والتنظيم أو المنظمة، ومشملة على تقدير تفصيلي عن لماذا يكون النظام الجيني عشوائيًا ومتخصصًا في الوقت نفسه، تجدها في: نظرية المعلومات والبيولوجيا الجزيئية "Information Theory and Molecular Biology" لـ: هوبرت يوكي "Hobert Yockey". (Cambridge University Press, Cambridge 1992).

(١٣) وعلى نحو أكثر تحديدًا، فمن المعتقد (وإن لم تتم البرهنة عليه على نحو دقيق) أن مشكلة «البائع الجوال» تنتمي لطراز المشكلات الكمبيوترية والتي لا يمكن حلها في إطار ما يسمى الزمن كثير الحدود "Polynomial". لأن كثيرًا من المشكلات الكمبيوترية يظهر فيها زمن الحوسبة، إما كجزء من التعقيد وإما كوظيفة زمنية له متعددة الحدود. وهناك مشكلات أقل تعقيدًا ربما تتطلب، على سبيل المثال، زمنًا جاريًا ذا طابع أسي.

(١٤) ثمة رد إيجابي حول مستوى العضويات ذات الخلية الواحدة تجده في: التماسك الكمي في الكائنات الأنثوية الميكروية: أساس عصبي لظهور الوعي "Quantum Coherence in Microtubules: a Neural basis for emergent consciousness" لـ: ستوارت هاميروف "Stuart Hameroff".

(Journal of Consciousness Studies, 1, 91 (1994)).

(*) الكائنات ذات الأنوية الحقيقية، حيث توجد بها نواة مغطاة بغشاء نووي وتوجد خارج تلك الأغشية المكونات الخلوية، وهي عادة خلايا الكائنات الأولى في الوجود. (المترجم).

الفصل الخامس

متناقضة البيضة والفرخة

منذ عدة سنوات مضت، قَتَمَ التلفزيون الإنجليزي الشهير BBC مسلسلاً فائتاً، وإن كان مثيراً للإحباط بعض الشيء، عن قصة من الخيال العلمى تدور حول وباء مرضى اكتسح أمامه أغلب الجنس البشرى. ولم يبق حياً إلا حفنة من الناس، اضطروا إلى معاشة وجود غريب، باذلين أقصى ما يستطيعون. والذين بمواصلة العيش فقد أجهدوا مصادر الغذاء المتاحة، حتى أصبح هذا المجتمع المحاصر مهدداً بالفناء والانقراض. وفي ظل ظرف يبعث على التشاؤم مثل هذا، جرى حوار بين الشخصيتين المحوريتين فى المسلسل يحوى فى صميمه قدراً من الضيق وعدم الوثوق فى المستقبل، حيث تساءلت المرأة: ما الذى سوف يحدث عندما تنعدم مصادر الطعام. وحاول شريكها أن يثير فيها الشجاعة اللازمة حين أجابها بأنه على الناس أن يبدأوا فى صنع أشياء لأنفسهم، وأضاف مؤكداً المعنى الذى ذهب إليه: إذا ما أعطيت «منشاراً» لأى امرئ، فسيصبح قادراً على صنع مائدة. ولكنها أجابته على الفور بإجابة معاكسة، وتنبئ عن امثلتها بالإحباط: ولكن ما الذى سيحدث إذا ما انكسر آخر منشار؟ ليست لديك أى أدوات لصنع أدوات!

ولكن الميزة التى اتسم بها هؤلاء الذين صارعوا من أجل بقائهم - وبالمناسبة كان هذا هو عنوان المسلسل «صراع البقاء» - تمثلت فى إلقاء الضوء على حقيقة «الاعتمادية» التى تقوِّب مجتمعنا التقنى الحالى، بمعنى أن كلاً منا يحتاج للآخر بقدر ما يحتاجه هذا الآخر كيما تستمر الحياة، وهذه الصورة تستعيدها الحياة ككل، فالخلية الواحدة تعد مجتمعاً من الجزيئات الذاتية الإبقاء على نفسها فى إطار مدروس بإحكام وغاية فى التعقيد، والتى يعتمد كل جزء فيها على الآخر. خذ

مثلاً الدنيا، إذ بالرغم من طوال بقائه لدرجة متجاوزة، فهو لا يستطيع أن يفعل شيئاً من تلقاء ذاته بسبب عقمه الكيميائي. إن لديه جدول أعمال كثيرة، ولكن لكي ينجزها عليه أن يسأل المساعدة من البروتينات. وكما شرحت سلفاً فإن البروتين تصنعه آلات معقدة جداً والمسماء الريبوسومات، طبقاً لتعليمات مشفرة تنقلها من الدنيا عبر الرنا «الراسل». والمشكلة هنا في كيف للبروتين أن يتم صنعه من دون تشفير الدنيا لتعليمات صنعه، ولراسل الرنا أن يقوم بنسخ هذه الشفرة أو تغييرها من حال إلى حال وللريبوسومات أن تقوم بتركيبها طبقاً لهذه التعليمات؟ ولكن من دون تواجد هذا البروتين، كيف للدنيا وسائر تلك العناصر أن تواجدت في الأصل؟ المسألة تشبه أحجية أى منها كانت الأسبق في الوجود عن الأخرى.

كل الحياة كما نعرفها تدور حول الاحتضان المريح والدافئ والحميمي بين الدنيا والبروتين: السوفت وير والهاردوير. كل منهما يحتاج للآخر. وعليه فأى منهما جاء قبل الآخر؟ وقد تناولت بلورة هذه المشكلة بالفصل الثاني في متناقضة البيضة والفرخة (أيهما سبق الآخر)، مركزاً على ما سميته «الخطأ المأساوى» الذى يمكنه أن يحدد أخطاء الطبع فى عملية النسخ الجينى. ولكن المشكلة أكثر عمومية من ذلك. يبدو أن ثمة دائرة غامضة هنا وتعتقيداً لا يمكن تعريضه للانقاص حتى إن بعض الناس يعتبر الأمر نموذجاً للغموض والألغاز⁽¹⁾.

وفى هذا الفصل سوف أناقش المحاولات المختلفة التى حاولت الاقتراب من هذه الدائرة «الشريرة» وحل غموضها ذاك، ولكن دعنى فى البداية أضع أمامك نقطة عامة لها أهميتها: الدراما التليفزيونية التى أشرت إليها ذكرتاً جميعاً بأن النظم المعقدة، قد تضع نفسها فى شكل دائرة من الاعتمادية غير قابلة للإلغاء أو السير فى الاتجاه العكسى. ولا أحد يقترح أن المجتمع التكني لا يتسنى له أن يظهر بالتطور الطبيعى لمجرد أن كلاً منا يحتاج للآخر فى يومنا هذا. وخذ مثلاً بسيطاً: يقوم الحداد بعمل أشكال معينة من الحديد بواسطة أدوات حديدية. إذن هو يحتاج لآلة حديدية ليستطيع عمل آلة حديدية. وعليه فمن أين جاءت الآلة الأولى؟ هل

يجب أن تقع من عل في يديه جاهزة الصنع؟ بالطبع لا. ربما استخدم الحدادون الأوائل هراوات على سبيل المثال، أو أدوات حديدية أخرى، لكي يشكلوا أول «قادوم».

من الممكن أن تبرز دوائر تقنية متميزة بطرق عديدة مختلفة من خلال بدايات مرتبكة ومتردة، ولكن بمجرد تأسيس دائرة منها سرعان ما يجري تنقيحها. وحين يحدث ذلك فإنه تبقى بعض آثار من الحالة السابقة الأدنى في التقنية. الكائن العضوى اليوم ملء بالدوائر الكيميائية الشديدة التقنية، والتي على نحو ما لا بد أنها ظهرت من خلال مجموعات جزيئية، طال نبذها وانقضى على ذلك وقت طويل. ويمكننا أن نلمح هنا مبدأ عامًا يساعدنا في شرح كيف حدث هذا: (أ) يحتاج (ب)، و (ب) يحتاج (أ). ثمة حلقة من السببية في هذه التغذية المرتدة feedback. فأى تغيير صغير في (أ) سوف يرتد إلى (ب) والذي سيؤثر بدوره على (أ)، وهكذا تدور الحلقة وتدور. وهذه التغذية المرتدة (والمُسببة)، يمكنها أن تسفر عن تضخمات أو مضاعفات دراماتيكية في مجال التأثير. إذا ما تم تطور جيد لـ (أ) مثلاً، وبشكل صدقوى، فإنه بالتالى سوف يصلح من شأن (ب) والذي سينتظر بدوره. وهكذا سيتأكد - على نحو سريع - هذا التحسن ويتعزز ويسود.

ولا أحد يتوقع أن الأحماض الأمينية والبروتينات قد جاءت هكذا جاهزة الصنع، بما لها من خصائص المنافع المتبادلة على الطريقة الموصوفة هذه. إذ لا بد أن تعاوناً أو تشاركاً كيميائياً فجاً أو فى شكله الخام، هو الذى برز فى البداية، ثم تعرض للتحسن والشحذ المستمر، حتى أصبح فى شكله الحالى من خلال تعاقب حلقات من التغذية المرتدة فى الوقت الذى عمل فيه «الاختيار» الداروينى عمله. وعلى نحو ما خلال تلك العملية الطويلة الأجل انفصل الهاردوير عن السوفت وير أعنى «البيضة» عن «الفرخة». وهذا كله محل اتفاق كبير بين الجميع، أما الذى لا اتفاق فيه هو النظام الذى جرت به الأحداث، إذ يثار الجدل المشحون بالحقق فى أيهما الذى بدأ فى الوجود أولاً.

الـرنا RNA في البداية:

وبنظرة خاطفة على من الذى يهيمن على الخلية الحديثة يتكشف أن الشخص الذى يقوم بدور الرئاسة هو الدنا DNA، من خلال إدارته للعرض كله عبر تعليماته المشفرة، جاعلاً الرنا هى التى تحمل على عاتقها كل العمل الفائق والساحر، حيث هى التى تقول للريبوسومات كيف ومتى تُصنع البروتينات. والبروتينات، ولو أنها تبدو مستسلمة لمصيرها، إلا أنها هى التى تشكل دور «العمالة» الحقيقية.

وكما سبق أن شرحت أن دور الدنا هو بمثابة عملية كيميائية ضعيفة القيمة ولكن قيمتها ترتفع بالنظر للدور المتمسم بالعقم لابن عموماتها أو نظيرها: الرنا، وإن كان فى الواقع يقوم بأدوار مختلفة ومتعددة الجوانب والأهداف فى الخلية، والتى تبدو أنها تتعاصر مع أشكال الحياة الأولى. ومن بين الوظائف العديدة التى يؤديها فإنه ينسخ ويُعدّ إجراء التناوب فى هذا النسخ لتعليمات الدنا. وبالتالي فهو بذلك يقوم بعمل حاسم، وإن كان ثانوياً فى المسألة الجينية. ناهيك أن الرنا يكاد تكون لبناته هى الحروف الألفبائية الأربعة مثل الدنا، كما أنه يستطيع أن يلعب دور الخارطة الجينية. وكأمر واقع فهو يقوم أحياناً بهذا الدور: بعض المقابلات أو التضادات المعينة يستخدم الرنا بدلاً أو فى محل الدنا. وهكذا فإن الرنا بالتأكيد يمكنه أن يقوم بوظيفة مخزن الجينات، وهو أكثر هشاشة من الدنا، إلا أن هذا - وبكل الوسائل - لا فائدة له.

فى ستينيات القرن الماضى وفى معهد سولك Solk فى جولا Jolla بكاليفورنيا، اقترحت ليسلى أورجيل Leslie Orgel، أنه من المحتمل أن الرنا جاء فى البداية ليس فقط قبل الدنا، وإنما أيضاً قبل البروتينات. والسؤال الواضح هو ما الذى قام بدور الإنزيمات فى غيبة البروتينات، وقد جاءت الإجابة الممكنة فى عام ١٩٨٣ حين اكتشف كل من: توماس سيش Thomas Cech ومعاونوه بجامعة

كلورادو وسيدنى ألتمان **Sdney Altman** بجامعة **Yale** أن الرنا ناشط كيميائياً بدرجة كافية، لأن يقوم بنفسه بدور مادة حافزة ضعيفة^(٢). إذ يستطيع الرنا أن يشابه إنزيمات معينة والتي يمكنها أن تسهل اختراق أو شق الطريق لخيوط أخرى من الرنا، وسرعان ما سلب البيوكيميائيون الضوء على أن الرنا تستطيع على نحو ما أن تحفز نسخها الذاتي. ومن ثم ربما بدأت الحياة بـ «حساء» من جزيئات الرنا لعب دوراً مزدوجاً: كمخزن للجينات، وعندما انفردت لتشكل هيئة مناسبة ثلاثية الأبعاد أصبحت مادة محفزة: وهكذا نشأ السوفت وير والهاردوير بعد ذلك في نفس مجموعة الجزيئات^(٣). وهذه النظرية أصبحت معروفة باسم عالم الرنا "RNA World".

افترض المؤيدون لهذه النظرية أن ظهور «الحساء» المحتوى على جزيئات الرنا قد وقع من خلال نوع من العمليات الداروينية. ومن الطبيعي أنه تتراكم أو تتشارك الداروينية مع كائن عضوى كالخلايا، لأنها لا تحتاج من حيث المبدأ إلا لإعادة النسخ أو الطبع والتنوع والاختيار، وكل هذا يمكنه أن يحدث، حتى على مستوى الجزيئات، ويستخدم البيوكيميائيون مصطلح «التطور الجزيئى» أو «الجزيئية الداروينية» لوصف ما حدث. وهى نقطة محل نقاش: عما إذا كنا سنعرف أى شئ حى بأنه قد ظهر بطريقة داروينية. وإذا كان ذلك صحيحاً، فربما نستطيع اعتبار جزيئات الرنا (فى بيئة كيميائية مناسبة) كأشياء حية.

وفى بواكير ستينيات القرن الماضى، كانت قد جرت تجربة شهيرة حاولت إظهار أن الداروينية تعمل على مستوى الجزيئات^(٤). والتي قامت أساساً على فيروس رنا يحمل اسم QB. وهذا الفيروس هو ببساطة فيروس رنا أو دنا له غطاء بروتينى. ومع أن الفيروسات تستطيع تخزين معلومات جينية، فإنها لا تستطيع أن تقوم بالنسخ من تلقاء ذاتها، ولكى تقوم بذلك فهى تغزو الخلايا وتختطف أدواتها الإنتاجية، وتتبنائها لدرجة إنتاج مزيد من الفيروسات. وتدل حقيقة أن بعض الفيروسات تستخدم الرنا لصنع خريطة جينية أو جنس أو عرق، أنها ربما تكون من البقايا القديمة التى لا تزال قائمة من «عالم الرنا».

وفيروس QB لا يحتاج لأي شيء معقد كالخلايا ليعيد نسخ نفسه، وإنما تكفيه أنبوبة اختبار مملوءة بكيماويات مناسبة. وهذه التجربة التي قادها سول سبيجلمان Sol Spiegelman من جامعة إلينويز Illinois شملت تقديم الرنا الناشئ في وسط يتكون من الإنزيم الناسخ للرنا، فضلاً عن مدد من المواد الخام وبعض الأملاح مع توفير «حاضنة» لهذا الخليط. وعندما فعل سبيجلمان هذا ساعد النظام على نشوء نسخ من خيوط أو جداول الرنا، الواضحة. وحينئذ استخلص بعضاً من التركيب الاصطناعي للرنا ووضعه في محلول مغذ منفصل، مهيناً بذلك الجو لتضاعفه، وبعد ذلك نقل بعض من هذا الرنا إلى محلول آخر، واستمر في هذا الإجراء في سلسلة من الخطوات.

يتلخص تأثير السماح بالنسخ غير المُرشّد بتعليمات محددة في أن الرنا الذي تضاعف بسرعة قد كسب المعركة وانتقل إلى الجيل التالي في الخطوات المشار إليها. وعملية النقل من محلول إلى آخر تلك حينئذ حلت محل، وبدرجة عالية من التسارع، العمليات التنافسية الأساسية للتطور الدارويني والتي عملت مباشرة على الرنا. وفي ضوء ذلك فقد تشابهت مع «عالم الرنا».

وكانت نتائج سبيجلمان هذه مشهدة. وكما هو متوقع، فقد وقعت أخطاء في النسخ. ولكن بالتححرر من مسئولية العمل من أجل الحياة، والحاجة لصنع أغذية بروتينية، فسرعان ما اضمحلت حفنة خيوط الرنا التي لم تكن تزيد على ملء ملعقة صغيرة، عازلة جزءاً من الخريطة الجينية التي لم تعد مطلوبة، والتي كانت مجرد عائق لها. وجزيئات الرنا تلك التي أمكنها النسخ بسرعة، سرعان ما أصبحت هي المهيمنة، لسبب بسيط يتحصل في أنها ضاعفت المنافسة. وبعد ٧٤٠ جيلاً والتي بدأت كجديلة رنا ذات ٤٥٠٠ جزيء قاعدى انتهت إلى خريطة جينية أو عرقية متفرّدة لها فقط ٢٢٠ قاعدة. هذا النسخ الخام الذي لا رمزية فيه أو زينة ما تفرّقه عن غيره اصطلاح على تسميته «وحش سبيجلمان».

ومهما كانت نتائج التجربة مُروّعة، وتبدو كما لو كانت غير قابلة للتصديق، فقد بقى فى الجب ما هو أشد، إذ قام مانفريد إيغن Manfred Eigen وزملاؤه عام ١٩٧٤ بتجربة^(٥) احتوت «حساء» آخر يشمل الإنزيم الناسخ للفيروس QB وبعض الأملاح وشكلاً محفزاً من القواعد الأربع المكونة للـرنا. لقد حاولوا تنويع الرنا الذى أضيف مبدئياً للخليط. ومع التناقص السريع لكمية الرنا المضافة، فقد وجدت التجربة أنها حفلت بعدم إعاقة النماء على نحو أسى الطابع. حتى لو كان المضاف جزئ رنا واحد، فقد كان كفيلاً بشحذ انفجار فى الأعداد المنسوخة. ولكن شيئاً غريباً تم اكتشافه، هو أن خيوط أو جدائل الرنا تظل تنتج حتى ولو لم يضاف واحد من جزيئات الرنا الناشئ! وللعودة للمشابهة الهندسية التى أقمتها فى هذا المجال، فإن هذا يشبه إلقاء كومة من طوب البناء فى خلّاط عملاق، أنتج منها شيئاً إن لم يكن شبيهاً بالمنزل، فهو على الأقل يشبه الجراج. وقد وجد إيغن فى البداية أن النتائج يصعب تصديقها، واشتبّه فى أن ثلوثاً ما قد وقع. وسرعان ما أقنع القائمون على التجربة أنفسهم بأنهم كانوا شهود عيان من اللحظة الأولى على تركيب خيوط أو جدائل الرنا الصدفوية تلك، عبر لبناتها البنائية. وكشفت التحليلات عن أنه فى ظل مشارطات تجريبية معينة فإن الرنا المنشأ ذاك يشبه «وحش سبيجيلمان».

وبدا للبعض أن تجربة إيغن تتعادل مع نشأة الحياة فى أنبوبة اختبار. لكن تذكر أن الرنا الذى استخلصه سبيجيلمان من فيروس، كان ينظر إليه عبر بعض التعريفات على أنه شيء حى. وبمتابعة مراحل مستمرة من التجريب والخطوات المتعاقبة أنتج أنبوب اختبار متحول أو متغير، والذى كان أصغر كثيراً ولكنه يظل قادراً على أن تتم فيه عملية النسخ. وبدأ إيغن العملية من القاعدة للقمة، محققاً جزيئاً. قام بتجميع أو تركيب ذاته عبر لبنات بناء بسيطة، وشبيه بما سبق أن اشتقه سبيجيلمان، وتم النظر إليه على أنه شيء حى. ولم يكن ثمة خط عابر لهذا الممر أو معترض له، ولا شيء يفضل مجال الشيء الحى عن غيره غير الحى. وهى

مرحلة تم تعريفها على أنها تكاد توصل من مخلوط كيميائي بسيط إلى حتى فيروس ممكن أو قابل للحياة.

هل عكست تجارب إيجن الخطوات التي اتبعتها الحياة في نشأتها من مواد غير حية؟ من الواضح أن هذا ليس صحيحًا. ربما كانت التجارب تنسم بالإثارة، ولكنها اصطناعية إلى حد بعيد، ومفتقدة عالم المشارطات الطبيعية التي سادت على الأرض الباكورة. وبصفة خاصة فإنه لكى يتم تركيب رنا، فإن إيجن قد استخدم خليطاً كيميائياً تم إعداده بعناية كبيرة، والذي اعتمد فيه بشكل حاسم على إنزيم ناسخ معد أو مستخلص وفقاً لهدفه من كائن عضوى حى. وهذا الإنزيم متخصص بدرجة عالية، وهو ليس من نوع الجزيء الذى كان قائماً فى الجوار على الأرض قبل بزوغ الحياة. لقد ابتعد إيجن كثيراً عن إثبات أن قاعديات الحامض النووى، سوف يتصادف أن تتركب وتتكاثر عبر مخلوط غير متماسك مثل «الحساء» البدائى.

وكثير من البيوكيميائيين يسلمون بذلك ويدعون له، ويتساعلون عما إذا كان الرنا فى الواقع هو أول جزيء تكاثر فى طوبة البناء. وبعد كل شئ، فإن طبعة أو مُعيرة التكاثر تلك ربما عملت مع كثير من الأنواع الأخرى من الجزيئات لها سمات الأيسط والأسهل فى التراكيب البنائية... إذ بمجرد أن تأخذ طبعة التكاثر طريقها، فإنها سوف تكون قابلة للإصلاح والتنقيح الناجح من خلال التطور الجزيئى. وكل تحول أو تغيّر أساسى يستطيع أن يتراد عبر كفاءة عملية التكاثر، سوف ينتشر بسرعة خلال «الحساء» الكيماوى بسبب تأثير «التضاعف». وفى مرحلة معينة، فربما تنتج عملية التنقيح المستقر الرنا، كأحسن تكاثر فى المجال المحيط. ومن الممكن أن تشمل أول جزيئات منتجة عدة قاعديات وليست فقط الحروف الأربعة. ومع ذلك فإن البناء الجيد القائم على اثنين \times اثنين والتناغم أو التتام بين النيوكليدات الأربعة التى نجحت فى صراع البقاء والباقيين حتى اليوم تؤكد أنه ربما فى النهاية هى التى أختيرت بينما تم استبعاد الأخريات فى نوبة

التكاثر هذه. وخلال فترة التعثر تلك قبل العضوية، ربما كان التكاثر قليل الكفاءة بدرجة كبيرة بالمستويات المعروفة الآن، لأن «البركة» كانت تفتقد كل الإنزيمات المهمة التي تحتاجها العملية الاستمرارية لكي تأخذ طريقها.

وبقبول هذا السيناريو حاليًا، فإننا نسأل: كيف لعالم الرنا المحدود أن يكون صاحب دور في النظام الثنائي الحالي للأحماض الجزيئية والبروتينات المرتبطة معًا بشفرة جينية؟ البحوث تفترض أن الجينات البدائية هي السلف للرنا الناقل. وتنكر سببين لأن يكون ذلك هو الموطن الرئيسي أو ملجأ هذا الجزيء الأول أن الرنا الناقل قد تطور قليلاً عبر الزمن، بعض من الرنا الناقل لدى الإنسان والضفدعة يتطابقان كلية. وهذا يعنى أنها ذات تاريخ يطول. والسبب الثانى يتمثل فى أن الوظيفة الرئيسية للرنا الناقل هى ربط الأحماض الأمينية الصحيحة مع البروتينات. وعلى ذلك فإن تشابكاً يبدو للرأى على نحو من الغموض. الأحماض الأمينية كانت بلا شك وافرة فى أى «حساء» بدائى. وجزيء الرنا الذى يمكنه التفاعل مع الأحماض الأمينية يتضمن الوعد أو الأمل فى أن يربطها مع البروتينات. وهكذا فإن الخطوة التالية لعالم الرنا تمثلت فى أن تبدأ هذه الخطوط أو الجداول البدائية للرنا فى صنع البروتينات وبشكل صدقوى. ولا أحد يعرف كيف وقعت هذه الحادثة المحورية بالغة الأهمية، ولا من أين جاءت، صحيح أن هناك نظريات فى هذا المجال، ولكن الحقائق الثابتة قليلة. ربما بدأ الأمر بشيء غير أساسى، وإنما مجرد تصادم بين جزيء رنا نتج عنه أن انتقلت حمولة أحدهما للآخر لتصنع جديتين من الحمض النووى معلقتين فى الرنا، وربما أضيف بعدها حمض أمينى ثالث وهكذا. وبعض هذه البوليببتيدات البدائية كان لها بلا شك تأثيراً مفضل على التكاثر، وهكذا ربما قامت أول دورة تعزيز ذاتى: الرنا يصنع البروتينات، والتي فى المقابل تقوم بتسريع إنتاج مزيد من الرنا ومزيد من البروتينات وهكذا دواليك. وهذه البروتينات التى ساعدت بفاعلية فى عملية تكاثر الرنا سوف تُكافأ بدورها بمزيد من طبعاتها أو نسخها هى نفسها. وبهذه الطريقة

خطوة تتبعها خطوة ملفوفة حولها أو مرتبطة بها، والمساهمة الحميمة بين الأحماض الأمينية والبروتينات ربما هي التي كانت وراء تأسيس هذه الثنائية. أو على الأقل تلك هي القصة.

ثمة مشكلة خادعة، أو على الأقل تتطلب الحذر في تناولها، ربما تطالبها مثل هذه النظرية لتصبح محلولة. وهي كيف يحتاج الأمر للحيلة، للتغلب أو استيعاب مصيدة الخطأ المأساوي (وقد سبقت الإشارة إليه) وتذكر هنا أن السلاسل الطويلة للـرنا ليست مُحَصَّنة ضد أخطاء النسخ، بينما لا يتسنى للقصيرة منها تخزين معلومات كافية لصنع آلية نسخ جيدة. ومع ذلك، فربما تعاونت مجموعة من بعض هذه السلاسل الصغيرة من جزيئات الرنا في تحمل العبء الجيني مع بعضها البعض لتتخيل دائرة مغلقة من دورة ردود فعل كيميائية، تقوم فيها بعض الرنا بدور المحفز لتكاثر البعض الآخر منها: مثلاً (أ) تصنع (ب)، و (ب) تصنع (ج)، و (ج) تصنع (د)، و (د) تصنع (أ)، وبالتالي يكون هذا النظام تعبيراً عن تفاعل أشبه بالحلقة في مجال «التعزيز الذاتي» يعبر عنها بالدائرة الفائقة "hypercycle"، فإذا ما أحيطت هذه الحلقة من التفاعل الكيميائي بغشاء فإنها تشكل خلية بدائية، لا شك ستكون تلك هي إمكانية النشوء التي طوّرت وحسّنت - عملية كفاءة التكاثر. وإذا ما انقسمت الخلية من خلال آلية إنشطار بسيطة، فإن هذا الخليط الكيماوي سيتم توريثه للخلايا الوليدة. وبهذه الطريقة فإن طرازاً بدائياً من التطور قد أصبح ممكناً باعتبار احتواء الخلايا على «دوائر فائقة» كفؤة لتقوم بعملية التكاثر للأخريات منها^(١).

وعلى الرغم من واعدية سيناريو عالم الرنا كما يبدو، فإن كثيراً من المعوقات تعترضه. والنقطة هنا، أنه مهما كانت النظرية جيدة، فإن تجارب أنبوبة الاختبار كثيراً ما صادفها بشكل متكرر، الفشل الكئيب والقابض للصدر.

وجاء رد الفعل الرئيسى على هيئة العناد الصلب للاستمرار فى التجارب التى تسبقها إجراءات تصميمية غاية فى الحذر، ومساعدة مواد محفزة معينة. ومن

المعروف أن سلاسل الأحماض النووية هشة الطابع، وأنها تميل للارتداد بعد فردها قبل أن تتطلب الخمسين أو نحوها من أزواج القاعديات التي تحتاجها للعمل، أو التصرف كإنزيمات. والمياه تهاجم وتحطم بوليمرات polymers^(*). وهى تقوم بعمل البيبتيدات مما يضع شكوكاً على أى وجه «حسائى» يكون عليه عالم الرنا. وحتى لو أن التآليف أو التركيب بين القاعديات الأربع المطلوبة لتكوين لبنة فى البناء، ليست فيه أى مشكلة جادة. فإن البيوكيميائيين بقدر ما يرون، يظنون أن هذا يعتبر طريقاً طويلاً وصعباً لإنتاج رنا كفوة للتكاثر من خلال مجرد الحفز بهذه الطريقة التى تشبه حك الجلد. ولا شك أنه سيتم فى النهاية العثور على طريقة لكل مرحلة من التعاقبات الكيميائية التى يمكن إجراؤها فى المعمل دون الكثير من الدرامية، ولكن فقط فى ظل مواصفات عالية القيمة والجدوى، وباستخدام كيماويات منقحة وجيدة الإعداد وبالأجزاء الصحيحة منها. والمشكلة تتحصل فى أن هنا العديد من الخطوات وكلٌ منها يحتاج لمواصفات مختلفة. وثمة شكوك متزايدة فى أن تتم كل هذه الخطوات بشكل تعاونى لطيف، واحدة بعد الأخرى هكذا فى العراء. أعنى فى المرحلة المبكرة للأرض، حيث يكون على زبد أو ما يطفو على بركة كيميائية بدائية أن يقرر خط كل خطوة.

والنتيجة ستكون على هذا النحو، فى غيبة مراقب كيميائى عضوى فى المجال، أن الطبيعة ستناضل لصنع رنا من «الحساء» المخفف تحت ظل أى ظروف قبل عضوية قابلة للتصديق. وهكذا بينما يمكن تخيل عالم الرنا موظفاً فى تطوير الحياة إذا ما كانت هذه الحياة مقدمة لنا على طبق (ربما ستكون الاستعارة صحيحة لو استخدمنا «سلطانية» حساء)، فإن الحصول على عالم الرنا من مجرد خليط كيميائى خام، فهو أمر يختلف كلياً.

(*) مركب كيميائى يتشكل بالتبلر أى من تجمع جزيئات بسيطة لتصبح جزيئاً ذا حجم كبير (المترجم).

وبالإضافة لتلك الصعوبات هناك الرعاية الحانية بين اليسار، مقابل اليمين التي أشرت إليها في الفصل الثالث. حقيقة أن كل الحياة على الأرض تقوم على جزيئات لها نفس الأيادي، وهي ليست مجرد مسألة فضول: كل تكاثر للرنّا سيكون مهدّدًا في كل بيئة في اتجاه يد يميني في مقابل أخرى يسرى، من أن الجزيئات الرئيسية، ستكون كليهما حاضرة. والفعل والمفتاح الحاسمان كإجراء يضاف أو يميز الأمر، حيث يتتّام الزوج القاعدي مع سائر القاعديّات وفقًا لأشكالها، سيكون محلّ تسوية كجزيء بأيّد خاطئة ومحبوسًا في شق ضيق. وسوف تفقد اليد اليسرى معرفة ما الذي تقوم به اليد اليمنى. وما لم تُعثر الطبيعة على طريقة لإنشاء «حساء» بجزيئات لها يد واحدة فقط، فإن صدقوية تركيب الرنّا سيعتبر سببًا مفقودًا.

وقد تلقى مناصرو سيناريو عالم الرنّا ضربات أشبه بالمدفعيّة المضادة للطائرات، ليس فقط من الكيميائيين، وإنما أيضًا من البيولوجيين. إذا ما كانت الحياة قد بدأت بتكاثر الرنّا، فلك أن تتوقع أن الآلية الرئيسية للتكاثر كانت قديمة للغاية، وبالتالي تصبح عامة بالنسبة لكل الباقيين على قيد الحياة. ومع ذلك فإن التحليلات الجينية تكشف أن التفسير الكودي لتكاثر الرنّا يختلف بشكل ملحوظ في الأبعاد الثلاثة للحياة، بما يعنى أن تكاثر الرنّا قد جرى تنقيحه في وقت لاحق لحياة أسلافنا العموميين. كما أن هناك انتقادات على أساس نظري. فنظرية عالم الرنّا تركز بشكل مميز على التكاثر في حدود تكلفة الأيض. وكما شدّدت سلفًا بالفعل على أن الحياة هي مسألة أكثر من كونها عملية خام لإعادة الإنتاج: لأن الكائن العضوى الحى يفعل أشياء، ويجب عليه أن يفعلها إذا نجح في البقاء عبر إعادة الإنتاج. وفعل الأشياء يكلفنا طاقة، ويجب أن يكون هناك مصدر جاهز للطاقة، لكى يقوم الكائن العضوى بعملية الأيض. وفي تجربة أنبوبة الاختبار تمّ ذلك من الجزيئات بكموايات لها خاصية الإمداد بالطاقة لتقوية أنشطتها، ولكن على مستوى الطبيعة، فإن الرنّا كان عليها أن تقوم بدورها، مستخدمة أيّا ما كان متاحًا في البيئة

المحيطة. وليس ثمة نجاح لأى تجارب من طراز تجربة ميللر / أوراي نجحت فى نسج الكيمياءات ذات الطاقة للحياة الباقية حتى الآن: لقد تم تصنيفها جميعاً داخل الخلايا. إن حفنة (تعادل ملء ملعقة) من الرنا ربما تتكاثر على نحو زلق وربما وافر. ولكن من دون طاقة تحرر دورة الأيض فى المكان بالفعل فإن هذه الوفرة فى الجداول الجينية، سرعان ما ستضمحل وتزوى.

ومما يعد طريقاً هروبياً واضحاً من المأزق هو السعى وراء جزئى ذاتى التكاثر أبسط كثيراً من الرنا لكى تبدأ من عنده كل «اللعبة». كل ما فى الأمر أن الرنا هنا سيأتى فى وقت لاحق لتلك البداية. ومما يمكن تخيله أن جزيئاً صغيراً له صلة يمكن العثور عليه والذي يستطيع التكاثر بدرجة كافية. وسيظل الطريق حينئذ مفتوحاً لتطور جزيئى يبذل جهده فى إضافة معلومات خطوة بعد أخرى إلى حتى إنجاز أو تحقيق مستوى من التعقيد، قابل للمقارنة مع الجداول القصيرة من الرنا. وهكذا يمكن للعملية أن تستمر فى طريقها بواسطة الرنا^(٧).

هل تلك هى الطريقة التى يمكن أن يقع بها النشوء الإحيائى؟ ربما. ومع ذلك فثمة عقبات كثيرة فى طريق هذه النظرية، مثل الشك فيما إذا كانت الجزيئات الصغيرة من الممكن تنقيحها بدرجة كافية للتكاثر مع تجنب «الخطأ المأساوى». فى الحياة الباقية حالياً، فإن عملية التكاثر فخيمة المستوى يبدو أنها تساهم أو تتشارك مع نظم معقدة كبيرة. إنها الخريطة الجينية الأكبر مع عملياتها فى «المونتايج» وتصحيح الأخطاء، والتى تمثل الطابعين الأكثر جودة. وبالتالي فإنه مع اتجاه الحامض النووى بالتتابع فى أن يكون أصغر وأصغر فى الحجم، فإن للمرء أن يتوقع تنقيحاً بسيطاً فى عملية التكاثر عبر جزيئات بسيطة. والأكثر من ذلك أنه كلما صغر حجم الجزيء، زاد تطرف التأثير المتعلق به فى أى تغيّر إحيائى، وأيضاً زادت فرصة عدم توريث عملية النشوء خاصيتها المميزة بكونها ذات طبيعة تكاثرية.

وقد تمت فى السنوات الأخيرة محاولات لبناء جزيئات أصغر وأبسط فى المعمل، وإخضاعها لضغوط بيئية لمعرفة ما إذا كانت ستتطور إلى تكاثرية أفضل^(٨). وقد قيل بنجاحات متواضعة. ومع ذلك لم نطلعنا هذه التجارب على كيف حدث التطور الجزيئى فى الطبيعة. فقط أظهرت أن هؤلاء الصغار من معبدى الطبع والنسخ (القائمين بالتكاثر) والذى صُمِّموا فيما يشبه العنوة، وتم نَسْجهم فى المعمل، سوف يتشكلون بالمصادفة فى ظل ظروف قبل عضوية معقولة أو قابلة للتصديق، وإذا ما فعلوا، فالأمر سيان سواء تكاثروا بدرجة صحيحة كافية لتجنب الخطأ المأساوى، أو لو لم يكن الأمر كذلك. وباختصار لا يملك أحد مفتاحاً عن مسألة حدوث المتكاثرين الصغار طبيعياً، أو حتى إمكانية ذلك، ودع عنك ما الذى كان لديهم لكى يتكاثروا بنجاح.

الربنا RNA فى النهاية:

ثمة طريقة جد مختلفة تماماً لحل متناقضة البيضة والفرخة، تتمثل فى عكس نظام الأحداث بأن تفترض أن البروتينات جاءت أولاً ثم جاءت بعدها الأحماض النووية. والمشكلة الكبرى هنا كيف نفهم أن البروتينات تكاثرت من دون قيام الأحماض النووية بتنفيذ التعليمات الأساسية. هل يتسنى للبروتين أن يتكاثر من دون مساعدة؟ لقد اكتشف مؤخراً رضا غاديرى **Reza Ghadiri** من معهد سكريبس **Scripps Institute** بسان دييجو، أن بعض سلاسل صغيرة من الببتيدات يمكنها بالفعل أن تتكاثر ذاتياً. والأكثر من ذلك أنها تستطيع تصحيح أخطاء النسخ «كما لو أن لها عقولاً تخصصها»^(٩). كما أن مفتاحاً آخر جاءنا من وباء «جنون البقر»، الذى أهلك ما يقارب عشر كل الأبقاء فى بريطانيا، ومتزاملاً مع الـ

«اسكرابي» scarpie(*) ومرض الـ «كورو» Kuru(**). لا يرجع السبب فى حدوثهم إلى باكتيريا أو فيروسات، ولكن شرائح من البروتين التى يمكنها التكاثر ومن ثم الانتشار. ربما تكون هذه الشرائح هى ممن استمر باقيا من آثار الحياة البدائية فى شكلها المعتمد فقط على البروتين؟

من بين أكثر المناصرين المتميزين لنظرية البروتين أولاً هو فريمان دايسون Freeman Dayson وهو حالياً فيزيائى متقاعد من معهد برينستون للدراسات المتقدمة. وقد ناقش أن الحياة لها أصلان بالفعل، أحدهما «للسوفت وير» والآخر «للهاردوير»^(١٠). لقد تخيل أو تصور نوعين مختلفين من الكائنات البدائية، أحدهما قادر على الأيض البروتينى، ولكنه غير قادر على التكاثر على نحو صحيح، والآخر قادر على التكاثر الصحيح ولكن من دون أيض. والحياة كما نعرفها برزت من اندماج أو تعايش مُتَعَضِّين غير متشابهين أى من إنصهار الاثنين ما. لقد استعار دايسون الإشارة أو التلميح من أوبارين Oparin وأتباعه، الذين قالوا بأن الخطوة الأولى فى الحياة تعلقَت بتشكُّل بعض أنواع الخلايا أو الحويصلات أو المُتَكَيِّسات البدائية، ويمكننا التفكير فى هذه الخلايا السابقة من حيث الزمن كما لو أن حدثاً طبيعياً قد وقع فى محتويات أنبوبة اختبار مركزة من «الحساء» البدائى.

والتطور الداروينى ليس خياراً لدى دايسون بالنسبة للخلايا التى تصورها ما دام يفتقد خريطة جينية، ولكن ربما يستمر ظهورها بوسائل كيميائية. ولكى نتحقق

(*) داء يصيب أمخاخ الأغنام، ومن أعراضه الإرتعاش والإنفلاخ فى الرأس والرقبة وصرصر الأسنان ولرغبة فى حك الأجسام لدرجة كشط أجزاء من الجلد والنقص الواضح المتدرج للصوف الذى تحل محله أكياس لزجة تتصلب بعد إلصامتها بالجلد والمشية الخلايا على نحو مرلم.

(**) ويتمثل فى اضطراب مميت يصيب جملة الأعصاب المركزية، ويتسبب فيه فيروس بطة، يمكن أن ينتقل من وإلى الحيوانات الأخرى، وتتحصر الإصابة به فى غينيا الجديدة لدى آكلى لحوم البشر (المترجم).

من كيفية تشكيل دايسون نموذجًا رياضيًا يصف به الخليط الكيماوى، مثل حساء من الأحماض الأمينية التى تغيّرت مع الوقت كردود فعل كيميائية عبر مسارات معقدة. ومن أهم ما جاء فى نموذج دايسون هو أن الجزيئات، يمكنها أن تحفز إنتاجًا والنشوء الإحيائى لجزيئات أخرى. جوهر هذه الرياضيات هو التنبؤ بالانتقال العفوى من اللا نظام إلى النظام. واللا نظام هنا يعنى: التركيب التستى أو المبنى على الفوضى للجزيئات، والنظام يعنى: نوبات كيميائية معينة ومفضلة، ولها صلة بذكر الأيض. والغنائم الكيميائية التى تخيرها هى من قبيل الغامض وغير المحسوم.

ولو أن التطور الداروينى يحتاج لشكل ما من التكاثر الوراثى، بالإضافة إلى الاختيار الطبيعى، ومن الممكن تخيل أشياء أخرى أضعف، وأشكال من اختيار ربما تساعد فى إنتاج تطور من النوع البدائى، لكى تبدأ اللعبة. وبمجرد تواجد وفرة نامية من الخلايا المفيدة الواضحة، حتى ولو كانت مجرد كرات كيميائية تنتفخ وتنقسم، فإن هذا سيصبح مجالاً لتنافسية يتعذر تجنبها. بعض هذه الخلايا سينمو وينقسم بشكل أسرع عن الأنوية، طبقاً للمحتوى الكيميائى الأحسن داخلها، يتفوق من حيث العدد على منافساتها، وإذا ما استطاعت الخلايا أن تجتاز بعضاً من السمات الكيميائية لها وأيا ما كانت المصادر محدودة، فإن الخلايا الأكثر نجاحاً (من وجهة نظر كيميائية)، ستكون هى السائدة. والتحدى حينئذ هو فى شرح كيف لهذه الحالة القائمة على التجربة والخطأ (مرة تصيب ومرة تفشل) فيما يتعلق بالاختيار، أن تصير إلى حالة محددة من الاختيار الطبيعى، بناءً على قاعدية جينية، طبقاً للداروينية التقليدية.

ثمة حل ممكن يتمثل فى الطفيلية (parasitism) (العلاقة بين الطفيلى والحيوان أو النبات). وقد اقترح دايسون أن الخلايا المفقدة للجينات سوف يتم غزوها بمعرفة حمض نووى قابل للتكاثر، ومن ثم يندمج النظامان. وهذا الحمض النووى المنطقل سيجد أن الحقايب المحملة بالبروتين سوف تساعد على زيادة

عملية تكاثره. ومن الواضح أنه قد أثبت فائدته لكى يتكاثر، وتكاثر البروتين المغلوب على أمره فى أثناء مضيه فى طريقه، ولكى يحمى تكاثره هو ذاته ويدعمه. وبوجود بناء للتسيج الخلوى، فإن الاختيار الطبيعى سوف يتدخل عند هذه النقطة بين الخلية الناجحة والخلية التى لم تنجح، مُصعِّداً مجرى التحسينات التطورية. والاختيار الطبيعى، سوف يفضل بقوة أولئك القابلين للتكاثر، والذين يمكنهم القيام ببعض أو كل العمل الضرورى والأساسى للخلايا البروتينية، وسرعان ما سيظهر تكافل بينهما، بمعنى تعايش لمتعضيين غير مُتشابهين symbiosis، مُؤديًا للحياة كما نعرفها.

أين حدث كل هذا؟ تخيل أوبارين أن الخلايا العنقودية المتشابهة فى بحر ما أو أى بركة.. هو الجواب، ولكن لو أن الحياة بدأت فوق سطح الماء أو أسفله، كما يتأيد ذلك من بعض الأدلة الحديثة، فإن الفقايع أو النقاط الزيتية لن تكون هى الجواب. والصخر البازلتى basalt المسامى فى قاع البحر، يمدنا بشبكة طبيعية من الأنفاق البالغة الصغر والفجوات التى يمكنها أن تصبح وسيلة لإطلاق جزيئات عضوية كبيرة، والسطح المعدنى ربما يعمل كمادة محفزة ملائمة وفى متناول اليد، ومن ثم تُساعد على تركيبة المادة العضوية. ومن المؤسف أن الفجوات الصخرية لا يمكنها التضاعف بالانقسام. أما إيوان نسيبت Euan Nisbet من جامعة لندن فقد اقترح أن الأغشية ربما تشكلت داخل هذه الفجوات، كما لو كانت مخلوقات محبوسة فى فجوات بالغة الصغر، ولا يتم تحريرها إلا مع الجيشان الذى يصيب الأرض فيُتسبب فى ارتفاع بعض من قشرتها^(١١).

وأيضاً ثمة فكرة مُخيلة أخرى عن الخلية البدائية، اقترحها مايك راسل Mike Russell من جامعة جلاسجو^(١٢). حيث ركز فى نظريته على المناطق البعيدة إلى حد ما عن فوهات البراكين فى قاع البحر، حيث تسيل فيها المياه إلى الصخور عند أعماق تصل لعدة كيلومترات، والتى فى النهاية ترتفع بواسطة الحمل الحرارى إلى السطح، وهى غنية بالمعادن المتحللة. وهذه المياه تكون فى حالة

سخونة شديدة ربما تصل إلى ٢٠٠ درجة مئوية، وتحت ضغط عال. وأيضًا في حالة قلوية *alkalin*، بينما تكون مياه البحر حامضية *acidic* بسبب ثنائي أكسيد الكربون المنحل فيها، كما أنها أكثر برودة. ووجد رسل أن اقتران السائلين ينشئ حالة حافزة لتشكل أغشية غروانية أو شبه غروانية بفعل كبريتيد الحديد *Iron Sulphide*. وكما سنرى أن الحديد والكبريت *sulphur* كليهما من المواد الكيماوية الشائعة بشدة في الحياة الباكرة. والأكثر من ذلك أن الغشاء هو من العناصر المُنَفَّذَة (التي تسمح بنفاذ المواد عبرها)، التي تسمح لبعض الكيماويات بالتسرب من خلالها، بينما لا تسمح بذلك لكيماويات أخرى، تمامًا مثل الخلية الحية. وقد أعد رسل لتنمية خلايا أشبه بالناضجة والمُرطبة في المعمل، ومن ثم عثر على أدلة استحضرها من الصخور الأيرلندية. لقد اعتقد أن الضغط الأسموزي والهيدوروليكي سوف يضخان الفقاعات ويجعلانها من ثم تنقسم والشيء الأبرز أو الأكثر لمعانًا في نظريته هو أن تجاور الغشاء الحمضي والسائل يعملان كبطارية كهربائية، والتي قد تكون أمدتها بمصدر للقوة الناشئة للقيام بأبسط مكرر. وفي الخلايا الحديثة توجد قوة كهربية *voltage* عبر الغشاء المغلف لها. وهكذا قد تكون الكهرباء هي القوة الأصلية للحياة.

وثمة نظرية مختلفة تمامًا عن أصل الحياة، وضعها البيوكيميائي الإنجليزي جراهام كيرنز - سميث *Graham Cairns-Smith* من جامعة جلاسجو أيضًا. والذي سارع في الاعتقاد بأن الحمض النووي هو الذي ظهر بعد البروتين^(١٣)، ومع سريان مناقشة البيضة أم الفرخة ما الذي ظهر قبل الآخر (الحمض النووي أم البروتين أيهما أسبق في الظهور)، فقد اعتقد هو بأن الحياة لم تبدأ قط بأى منهما، مذكرًا إيانا بأن الوظيفة المبدئية للحمض النووي هي القيام بدور السموفت وير (مستودعات المعلومات) الجينية. وما دام الأمر كذلك، فإن تركيبه الكيميائي يصبح غير متصل بالموضوع. وبمجرد استطاعتنا تخزين نفس المعلومات الرقمية على شريط ممغنط في رقاقة أسطوانية *floppy disk*، فإن المعلومات الجينية يمكن أن

تشملها أبنية فيزيائية أخرى بخلاف الدنا أو الرنا. وربما تكون الحياة قد بدأت بمعلومات مشفرة بطريقة أخرى أو أكثر، و فقط في مرحلة متأخرة نسبياً أصبحت الوظيفة الجينية غير مرتبطة، أو لا صلة لها بالأحماض النووية.

أى نوع إنزيم من الأبنية يحتمل أن يخدمنا فى هذا المجال بتخزين قاعدة المعلومات الجينية؟ اقترح كيرنز سميث أن الطين الصلصالى المتبلور يقدم لنا هنا إمكانية ذات جانبية فعلية. ولو أنه أقل رقة من الحمض النووى، إلا أنه مع ذلك يستطيع التكاثر بعد صياغته فى هيئة أخرى. فجسيمات الطين عند نقعها فى أيونات ions معدنية بطريقة غير مضادة أو مخالفة للأصول، يمكن أن تنتشر المعلومات فيها. وهذا من حيث المبدأ ليعاد إنتاجها مع نمو الجسيم المتبلور طبقة بعد أخرى. وبللورات الطين المتسخة قد تصدم القارئ عند تصورهما كشبيهة للحياة، إلا أن الخصائص الأساسية للحياة والضرورية للتطور والتكاثر والتنوع والاختيار، ربما تكون كلها ممثلة فى الطين.

وبمجرد أن يكون تطور البللورات ذاك، قد أخذ مجراه يكون المسرح قد تأهل للخطوة التالية. الجزيئات العضوية ربما تكون قد صُنعت من الطين، توطئة لنهاياتها، مثل تسريع التكاثر أو تكون كمادة بلاطية أو لدائنية للصق سطوح التبلور، أو أى عدد من المهام الثانوية. وأياً ما كان نوع استخدامه فلا بد أنه سيحتاج إلى العثور على ميزة أو نفع مختار للتطور كى تتم تنقيته. وأى تبلورات تكون قد إكتشفت كيف تصنع حموضاً نووية ذاتية التكاثر، ستصبح هى الفائزة فى الموضوع، لأنها بذلك سيكون لديها مدد من هذا العنصر المفترض والمتاح والجاهز الوجود. ولكن بعبور هذا الخط تكون البللورات قد نسجت بذور ميراثها أو ما سيؤول إليه ميراثها هى. وبمجرد أن تبدأ الأحماض النووية فى نسخ منشئ لبللوراتها فسوف تتولى بسرعة قيادة المسيرة وتصبح هى الشكل السائد للحياة. أما البللورات الطبيعية المبعثرة ومعوقة الطريق فسوف يتم استبعادها وعزلها.

ومما يجدر قوله أن ثمة تجربة صغيرة أسفرت عن دليل يدعم نظرية كيرنز سميث بشأن الطين الصلصالي. إذ إنه مهما كانت قابلية هذه المادة للتصديق على الأقل ظاهريًا كمادة للحياة الأولية، فإن مسألة المبدأ الأساسي في قيام الجينات بالمهمة، يعد من المبادئ الصحيحة والراسخة والمستقرة. والكل يوافق على أن وجود نظام الأحماض النووية والبروتين هما من التعقيد، بحيث يصعب ظهورهما معًا دفعة واحدة كنظام جاهز. وليس فقط أن الحياة الباقية كما نعرفها الآن تقوم على الأحماض النووية والبروتينات فهذا لا يعنى أن الحياة قد بدأت بهذه الطريقة. وإذا كان هناك طريق أبسط للانتقال من اللا حياة إلى الحياة فإن الترتيبات البيوكيميائية الحالية يمكن أن تكون نوعًا من التحولات المنقحة لسلف أقل من ناحية النمو.

لقد استفاد كيرنز سميث من إجراء مشابهة للحجر المنتظر أو الشبيه بالقطرة أو القوس لإيضاح الانتقال من التقنية الأقل للتقنية الأعلى كفاءة. إذ يبدو هذا القوس مانعًا لتداخل الموجات الصوتية مع بعضها البعض، وذلك في بداية الأمر. والمنشأ المركب أو التجميعي يعتمد على ذاته، أما إذا كان على هيئة قوس فإنه سينهار. فكيف إذن تَواجِد القوس في الأساس؟ تتحصل الإجابة في أنه قد تم استخدام سقالة في بنائه، ومن ثم علينا البحث عن «سقالة» أو سنادة جزيئية، ربما تكون استخدمت في بناء الحامض النووي. وربما تكون متبلورات الطين الصلصالي جزءًا من الإجابة، أو ربما نحتاج نظامًا آخر، لم يخطر بعد على أذهاننا. وأيًا ما كان الأمر، فبمجرد أن يأخذ الرنا الحى طريقه، فإن مثل هذه السقالات يتم طرحها عن الطريق، ونبذها إلى اللد الذى أدى إلى إزالتها أو طمسها منذ وقت طويل.

والآن ما الذى يمكن استخلاصه من كل هذه التخمينات المتنوعة عن أصل الحياة؟ إنها جميعًا تشترك في افتراض واحد، وهو أنه بمجرد أن تؤسس الحياة ذاتها من أى نوع، فإن الباقي هو مجرد إبحار فى مجرى النهر، ذلك أن التطور

الداروينى فى هذه الحالة سيتولى دفة الإبحار. ولهذا فسيكون طبيعياً أن يصرح العلماء بأن الداروينية هى من أبكر اللحظات فى تاريخ الحياة. مجرد نشوئها فإن تحولات درامية تحدث من دون أى خياليات أكثر من مجرد المصادفة والاختيار كقوة دافعة. وللأسف أو لسوء الحظ، قبل أن يبدأ التطور الداروينى، فإن مستوى أدنى معين من التعقيد يكون مُطلَباً. ولكن كيف تم إنجاز هذا التعقيد المبدئى؟ وهنا اللحظة التى يعصر فيها العلماء أيديهم ويضغطونها ارتباكاً ويهمهمون «المصادفة»، ومن ثم هل كانت المصادفة هى التى أنشأت أول جزئ متكاثر؟ أو أن هناك ما هو أكثر من ذلك؟

التنظيم الذاتى: شىء من لا شىء؟

الحياة ليست سوى واحدة من التعقيدات التى نجدها فى الطبيعة. ثمة أمثلة عديدة قائمة فى العالم حولنا. نحن نرى التعقيد فى النموذج الصغير للصقيع على نوافذنا، نراه فيما يصعب تحليله فى تَلَوَّى خط الشاطئ وتعرجاته، وفى الدقة البالغة للحلقات التى تزين سطح كوكب المشترى، وفى نهر منمرد أو مضطرب الاهتياج وهو يشق طريقه فى تيار معاكس. والحياة ليست تعقيداً عشوائياً، وإنما تعقيد مُنظَّم. والتعقيد غير المنظم نجده يملأ المكان بدءاً من قطرات المطر المتناثرة على الأرض، حتى أوراق الشاي القابعة فى قاع الفنجان. ولكن التعقيد المنظم، حتى ولو كان نادراً، ليس مقتصرًا على البيولوجيا: هناك المجرة الحلزونية، وقوس قزح، والنموذج الانحرافى لحزمة ضوء ليزرّية، هذه جميعاً تتصف بالتعقيد والتنظيم فى الوقت نفسه. كما أنها تتشكل من دون أى جينات تجنّدها، ولا تطور داروينى يُنشئها. وإذا استطاعت أنظمة غير حية أن تسفر عن تكاثر بالمصادفة نتيجة أنظمة معقدة بمجرد انصياعها فقط لقوانين الفيزياء، فلماذا لا يتسنى للحياة أن تتحو هذا المنحى، على الأقل فى مراحل البدايات؟

البعض يظن أن ذلك ممكن. وقد أعطى الكيميائي البلجيكي إيليا بريجوجين Ilya Prigogine أمثلة لمجموعة خلائط كيميائية، والتي نتصرف على نحو يشبه أسلوب الحياة، مُشكّلة لوليبات أو حلزونيات أو نبضات خاضعة للتكرار المنظم^(١٤). والسمة الرئيسية لهذه الانعكاسات تتمثل في أنها تقع بعيدة عن فروض التوازن الديناميكي الحراري، وتتطلب مدداً دائماً من المادة والطاقة - كما تفعل الحياة. فالنظام الصدقوى لا يتعارض مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية لأن الأنظمة مفتوحة، والأنطروبيا يتم تصديرها للبيئة المحيطة لتدفع مقابل لتراجع النظام. والسمة الغالبة على هذه المنظومات ذاتية التنظيم هى ميلها للوصول إلى نقاط تشعب أو تردد، حيث يصبح سلوكها غير قابل للتنبؤ. إذ ربما تثب فجأة إلى حالة أكثر تعقيداً واستقراراً، أو تهبط أو تتحدر إلى الفوضى chaos، واستطاع نريجوجين وأنصاره المتحمسون أن يتخيلوا تنابعا من تحولات ذاتية التنظيم، حيث تقفز المادة مدفوعة بمصدر طاقة فياض إلى مستويات أعلى وأعلى من التعقيد المنظم حتى تصبح حية حقيقة.

وبعد تشكّل خلايا الحمل الحرارى من الأمثلة البسيطة الواضحة والدالة على التنظيم الذاتى، حيث إنه إذا وُضع إناء به ماء فوق موقد مشتعل، فإن المياه عند قاع الإناء تسخن بدرجة أكبر عن الماء عند السطح. ولو أن التسخين كان هيناً سيبقى الماء من دون ملامح معينة والحرارة ستنتقل على نحو ثابت إلى أعلى الإناء من خلال مبدأ التوصيل. تخيل ماذا يحدث لو أنك أغلقت الإناء، ستكون طبقات المياه الأسخن عند القاع راغبة فى الصعود إلى أعلى (باعتبارها أقل كثافة)، ولكنها مقيدة أو بالأحرى سوف يحجزها أو يمنعها وزن الطبقات الأكثر برودة التى تعتلئها. وفى النهاية تغلب المياه الأسخن، منتصرة على هذا القيد، وتبدأ تيارات الحمل الحرارى فى عملها. وإذا تم عمل التسخين بشكل معتى به،

فإن نموذج الحمل الحرارى سيرتب نفسه فى شكل خلايا سداسية الشكل ومتقبة (فيما يشبه قرص غسل النحل). وهذا الشكل المستقر يشتمل على مالا حصر له من جزيئات المياه، متعاونة معا فى إنتاج نظام أكبر. وهذا الانتقال المفاجئ لحالة الحمل الحرارى المنهمة يحدث، عندما يُجبر النظام على أن يكون بعيدا عن الاتزان الحرارى، وسيكون النظام الناتج مدفوع المقابل من خلال جريان الأنطروبيا من الإناء إلى البيئة المحيطة. ومن دون غاز يمدنا بمصدر للطاقة الحرة (مثل الحفاظ على عدم الاتزان الحرارى بين قاع السائل وقمته)، فإن تيارات الحمل الحرارى ستختفى وترتد حالة الماء فى وقت قصير وتدرجى إلى الاتزان عديم الملامح.

وقد حاول ستيفان كوفمان **Stuart Kauffman**، البيوكيميائى فى معهد سانتا فيه **Santa Fe** لدراسة التعقيد، أن يجسد تفاصيل طريق التعقيد الذاتى للحياة، مركزا على ظاهرة كيميائية تُعرف باسم التحفيز الذاتى autocatalysis^(١٥). ولنتذكر أن المُحفِّز هو نوع من الجزيئات يعزز تفاعلاً فى جزيئات أخرى دون التورط فى تغيير ذاته. تخيل معنى إذن «حساء» مبدئياً يتم فيه كثير من التفاعلات المختلفة معاً. فإن عدداً من الجزيئات العضوية تنشأ وأخرى تتكسر ويتم لفظها فى شكل شرائح صغيرة، وثمة إذن شبكة واسعة ومعقدة ومحكمة يجرى وقوعها فى المجال، وإذا شئت فلنسماها منظومة بيئية ecosystem كيميائية^(١٦).

تخيل أنه فى هذا الخليط المضطرب، فإن بعض الجزيئات تجد نفسها تلعب دوراً مزدوجاً، فهي من ناحية تشترك فى تفاعلات كيميائية معينة كمدخلات أو كمخرجات، ومن ناحية أخرى تقوم بدور تحفيزى لتفاعلات أخرى. فقد يحدث أن يؤدي حضور جزيء معين **M** له تأثير

(*) ويمثل ذلك فى إحدى الوحدات البيئية التى تتألف من كائنات حية، وما يقوم بينها من تفاعل متبادل ضمن بقعة محدودة (المترجم).

المحفز لتتابع تفاعلى إلى إنتاج M نفسه. وبالتالي، فإن وجود M يسرع إنتاج المزيد من M ما دامت المسألة تنصب فى التحفيز الذاتى. وعندما تحدث هذه العملية، فإن دائرة «تغذية مرندة» تنهيا للنمو أقوى وأقوى، مشكلة شبكة تفاعلات معززة أو مدعومة ذاتيا.

ما الذى يحدث بعد ذلك؟ عندما يكون التنوع أو الاختلاف بين الجزيئات كبيرا لدرجة كافية، فإن النظام يمر بمستهل أو بداية حرجة. وتتبا كوفمان بقفزة مفاجئة إلى دائرة ضخمة من التحفيز الذاتى، أى عملية من التنظيم الذاتى مشابهة للانتقال المفاجئ من سائل عديم الملامح إلى تيارات الحمل الحرارية. هذه الدائرة المتصاعدة والزائدة التعقيد سوف تكون شكلاً خاماً لعملية أيض، كطراز من العمليات الكيميائية المنظمة التى ارتأها أوبارين ودايسون لمحتوى حويصلتهما الكيميائية. لا جزيئات خاصة كالرنا. متصلة بالأمر ولا حاجة أيضاً لأى معدات جينية. كل ذلك يأتى فيما بعد.

ولو أن دوائر التحفيز الذاتى ربما تبدو مستتبطة ومعقدة، فإنها تستحضر مثالا لظاهرة معروفة واسعة الانتشار. ف نماذج الكمبيوترات تشهدنا على أن أى شبكة معلوماتية فيها ما يكفى من المكونات، فإن التفاعلية هنا سوف تميل إلى الانقلاب الصدفوى إلى حالة من التعقيد المنظم. يرى الفيزيائيون هذه الظاهرة فى المواد الممغنطة، وبراها الاقتصاديون فى الأسواق المالية العالمية. وإذا ما كانت أفكار كوفمان على الطريق الصحيح، فإن هذا يعنى أن الحياة ربما لم تكن مجرد نتيجة كيمياء عضوية معينة، وإنما نتيجة قواعد رياضية عامة تتحكم فى سلوك كل النظم المعقدة ناهيك عن المكونات المصنوعة منها.

ومهما بدا التنظيم الذاتى من الأمور ذات الجاذبية، فإنه بصانف نوعين من العقبات، عندما يصل الحديث إلى أصل الحياة. الأول منهما هو قلة أو ندرة التجارب المقنعة، حيث حتى الآن لا يتعدى أغلب التجارب

مشابهات كمبيوترية أكثر منها حقيقة ماثلة. وهو ما حدا إلى السمعة السيئة لنظرية التعقيد حين تتعلق بالبيولوجيا. وفي طرح مشهور لأفكار كوفمان، فقد وصفها جون ماينارد سميث John Maynard Smith في إحدى المرات بأنها إلى حد ما مزعجة، وذلك في اعتقادي كما لو كان علماً بلا مقابل fact-free science^(١١).

ومع ذلك فثمة مشكلة أعمق ذات طابع مفهومي وهي أن الحياة ليست بالفعل مثلاً على التنظيم الذاتي وإنما هي في الواقع منظمة محددة وموجهة جينياً. فالأشياء الحية مبنية على السوفت وير الجيني المشفر في الدنا أو الرنا الخاصة بها. أما الخلايا المشكلة من خلال تيارات الحمل الحرارية فلا جينات لها، مصدر النظام هنا ليس مشفراً في سوفت وير وإنما يمكن تعقبه إلى الشروط الحدودية للسائل. إنه تدفق الحرارة والأنطروبيا عن هذه الحدود والتي تحفز التنظيم الذاتي، بينما يكون شكل وحجم وطبيعة اختراق الحدود مسئولة عن تفاصيل الخلايا. وبكلمات أخرى، فإن نظام خلايا الحمل الحراري يُفرض خارجياً من خلال بيئة المنظومة. وبالمقارنة، فإن نظام الخلايا الحية مدفوع من خلال ضبط داخلي، من جيناته، والموضوعة في جزء مايكروسكوبي مدفون في عمق في النظام نفسه، والذي يقوم كيميائياً بإذاعة تعليماته إلى خارجه. ولتأكد من أن البيئة المحيطة بغشاء الخلايا الحية سوف تتأثر إلى حد ما بما يدور في داخلها، ولكن المبدأ الأساسي الذي يسم أي نظام عضوي يتحدد من خلال جيناته.

وهكذا، فإن نظرية التنظيم الذاتي لم تعطنا بعد، مفتاحاً لكيف يتم الانتقال بين العقوبة أو الصدوقية وبين الإغراء الذاتي كمنظومة والتي حتى من بين الأمثلة غير البيولوجية والمدرسة بإحكام فهي لا تتضمن - لا تزال - تعليمات بسيطة نسبياً بالمقارنة مع القواعد المعلوماتية، كما في النظام الجيني للأشياء الحية. ولشرح كيف تقوم الجينات بهذا الدور فلا بد أن نضع في الحسبان ما هو أكثر من مجرد أصل الأحماض النووية

وتورطها الفعال مع البروتينيات فى مرحلة تالية. ولا يكفى أن نعرف كيف ظهرت هذه الجزيئات المهولة أو بدأت التفاعل. فنحن نحتاج لأن نعرف أيضاً كيف جاء نظام السوفت وير للوجود. وبالطبع نحن بحاجة لأن نعرف كيف لهذا المفهوم المتعلق بسيطرة السوفت وير أن يُكتشف بواسطة الطبيعة. وبالعودة للمشابهة التى أجريتها فى الفصل الرابع. فنحن نسعى لتفسير كيف تتحول طائرة ورقية إلى طائرة معدنية فعلية، مُدارة بالردار، أو أن حاكم آلة بخارية يمكن أن يتطور إلى معلومات متقدمة لمنظم إلكترونى. وليس هذا من قبيل إضافة طبقة أخرى من التعقيد، ولكنه يدور حول التحولات الأساسية فى طبيعة النظام.

ومتصلاً بهذا الانتقاد الأخير فثمة حاجة لعمل تفرقة واضحة بين «النظام» و«التنظيم» أو «المنظومة». وفى ما سبق استخدمت التعبيرين بطريقة تبادلية، ولكنهما عادة ما تكون لهما معان متضادة. وللحديث على نحو صحيح فإن النظام order يشير إلى نموذج بسيط. تتابع زمنى بين الواحدات والأصفار مثل الشكل ٤-٤ على سبيل المثال فهذا نظام. ومثل ذلك التبلور نظام. كلاهما بعيد كل البعد عن العشوائية، وكما شرحت فى الفصل الأخير فهما لا يستطيعان موضعة المنظومة المعقدة ولا مخزن معلومات الخريطة الجينية. ومحاولات السعى إلى الحياة عبر التنظيم الذاتى عادة ما تسقط فى مصيدة عدم التفرقة بين النظام والتنظيم، والأمثلة الموضوعية للتنظيم الذاتى، هى ليست فى العادة من هذا النوع بأكثر من تضمناها نظاماً صدفوياً بدلاً من ذلك. وعلى سبيل المثال فإن التفاعلات الكيميائية التى تقوم بدورات منتظمة زمنياً، عادة ما تنسب إلى حالات التنظيم الذاتى^(١٧)، بينما السلوك الزمنى من الواضح أنه حالة نظام لا عشوائى ومثله خلايا الحمل الحرارى السداسية الشكل - والتى وصفتها فيما سبق - هى أقرب فى الذكرى من نظام البلورة أكثر منها للتعقيد

البيولوجى العضوى المنتظم. وفى عينة بعض المبادئ للتنظيم الذاتى،
والتي قد تُعزى أو تميل إلى إنتاج حساب معقد، فإن جزءاً حاسماً من قصة
النشوء الإحيائى يكون قد استبعد بعيداً.

كثير من الاقتراحات لأصل الحياة على أساس البداية إلى الآن أو من
أسفل إلى أعلى قد أنجزت بعض النقاط المفيدة ولكنها خلفت وراءها ألغازاً
مذهلة. ومع ذلك فليست هى التفسير الوحيد المتاح، إذ يمكننا أن نحُث
طريقاً من أعلى إلى أسفل أو من القمة إلى القاع. والفكرة هنا تتحصل فى
البدء من الحياة الباقية لدينا الآن وتتابعها زمنياً إلى الوراء. وفى تلك الحالة
سنتمكن من توظيف هذه المعلومات لتقل لنا شيئاً عن كيف جاءت هذه
المنظومات إلى الحياة. وقد يتضح أنه لكى تتعقب أول أشياء حية على
الأرض، فيجب أن نلقى نظرة على الفضاء.

الهوامش

- (١) انظر على سبيل المثال صندوق دارون الأسود Darwin's Black Box لـ: ميشيل بيهي "Michael Behe"
- (٢) لتقدير مبسط وميسر انظر الرنا كإنزيم "RNA as an enzyme" لتوماس سيش "Thomas Cech" (Scientific American 255, No. 5, 64 (1986)).
- (٣) يستخدم البيولوجيون تعبير الطراز العرقي (البنية الوراثية لفرد أو جماعة أو كون هذه الجماعة تشترك في تركيب وراثي خاص - المترجم) "genotype" للإشارة إلى النظام الجيني الذي يتحصل بين أجيال جماعة ما، أما للتعبير "phenotype" فهو للإشارة عما يُعبّر عنه الطراز العرقي في شكل الجماعة القائمة حاليًا. أما في مجال الرنا فإن التعبيرين يمثلان شيئًا واحدًا.
- (٤) للمرجعة انظر: تحليل في القولير (خارج الجسم) لعملية النسخ في الجزيئات. "An in Vitro analysis of a replicating molecule" لـ: سول سيجيلمان "Sol Spiegelman" (American Scientist 55, 221 (1967)).
- (٥) الدائرة المتطرفة: «بدأ التنظيم الذاتي لطبيعي» لـ: م. إيجن M. Eigen وب. شوستر "P. Schuster" (Springer-Verlag, Berlin 1979, Part II Chapter 14).
- (٦) المرجع السابق.
- (٧) بالطبع يجب أن نشرح لماذا لا يمتلئ العالم بهذه النسخات (معيدة الطبع) الصغيرة والسهلة الصنع. وأحد هذه التفسيرات يمكن أن يكون أنها بالفعل موجودة ولكنها تسكن عوالم تختلف تمامًا عن تلك الذي تزدهر فيه الحياة الآن، مثل: في داخل مذنب من ناحية تيتان "Titan"

قمر الكوكب زحل "Saturn" (انظر الفصل التاسع). وتفسير آخر يتحصل في أنها قد تحطمت بسبب الحياة العضوية فور تشكلها.

(٨) الطابع التركيبي للجزيئات التي تنسخ ذاتها " Senthetic Self-replicating molecules" لـ: جوليوس ريبك "Julius Rebeck". (Scientific American 271, No. 1, 34 (1994).

(٩) للاطلاع على تقرير انظر: هل يمكن للبروتين أن يفجر بالحياة " Can protein Spring into life" لـ: فيليب كوهين "Philip Cohen". (New Scientist, 26 April 1997, p. 18) والعمل نفسه سبق نشره في: (Nature 382, 525 (1996).

(١٠) أصول الحياة "Origins of Life" لـ: فريمان دايسون "Freeman Dyson". (Cambridge University Press, Cambridge, 1985).

(١١) الأرض الشاببة "The Young Earth" لـ: إي. ج. نسبت "E.G. Nisbet". (Allen & Unwin, London, 1987, Chapter 8).

(١٢) كبريتيد الحديد المحفز الساقط من علٍ والفائق الحرارة ودوره كغشاء حيواني، كخطوة أولى في اتجاه الحياة " A hydrothermally precipitated catalytic iron sulphide membrane as a first step toward life" لـ: ميشيل رسل "Michael Russel" وروى دانييل "Roy Daniel" وآلان هول "Allan Holl" وجون شيرنجهام "John Sherringham". (Journal of Molecular Evolution 39, 231 (1994).

ولاعتبار التبسيط والتيسير انظر: الحياة من الأعماق "Life from the depths" لـ: ميشل رسل "Michael Russell". (Science Spectra 1, 26 (1996).

- (١٣) تجد تبسيطاً ميسراً في: سبعة مفاتيح لأصل الحياة " Seven Clues to the Origin of Life" لـ: أ.ج. كيرنز - سميث "A.G. Cairns- Smith". (Cambridge University Press, Cambridge 1985)
- (١٤) النظام من الفوضى "Order out of Chaos" لـ: إيليا بريجوجين "Ilya Prigogine" وإيزابيل ستينجرز "Isabelle Stengers". (Hienemann London, 1984, Chapters)
- (١٥) للتبسيط الميسر انظر: مع الكون كوطن "At Home in the Universe" لـ: ستيفارت كوفمان "Stuart Kauffman". (Oxford University Press, Oxford (1995))
- (١٦) الحياة عند حافة الفوضى "Life at the edge of chaos" لـ: جون ماينارد سميث "John Maynard Smith". (New York Review, 2 March 1995, p. 28)
- (١٧) انظر على سبيل المثال التذييل رقم ١٤.

الفصل السادس

الترابط الكونى

على بعد ما يقرب من ٢٠٠ كيلومتر غرب مدينة بورت أوجستا **Port Augusta** فى جنوب أستراليا وإلى الورا من ريف خشن الطابع على حافة نولابور بولين **Nullabor Plain** تقع بحيرة كبيرة جافة ودائرية الشكل بالكاد، وهذا البحيرة تحمل اسم بحيرة أكرامان **Acraman** والتي تمتد من جانب إلى الجانب الآخر بطول يبلغ ٣٠ كيلومترًا. ومع أنها تكاد تتشابه مع كثير من الأحواض أو البرك الملحية فى هذا الجزء من استراليا، فإنها ليست بحيرة اعتيادية من حيث قاعها. فمنذ حوالى ٦٠٠ مليون سنة مضت اقتحمها نيزك من السماء محدثًا بعد اضطدامه المروع بالأرض، حفرة هائلة تعرف الآن بشبه جزيرة إيرى **Eyre Peninsula**، والمقاييس الأصلية لهذه الحفرة تبلغ على الأقل ٩٠ كيلومترًا من الجانب للجانب، وعدة كيلومترات عمقًا. وتعتبر بحيرة أكرامان اليوم هى كل ما بقى من آثار هذه «الندبة» الضخمة الحجم، وكشاهد أبكم أو صامت على هذا التغير العتيق الذى يثير فى النفس العجب والخشية معًا.

وهذا التدمير الفيزيائى الذى نتج عن مثل هذا الاصطدام الكونى لا شك أنه يستدعى الخيال لتنشيط التأملات. فمثل هذا الجسم الوافد من الفضاء يصل إلى حوالى عدة كيلومترات من الجانب إلى الحد الآخر، وربما يصل وزنه إلى ما يقرب من مائة مليون طن، مرتحلًا بسرعة تقترب بدورها من ٢٠ إلى ٣٠ كيلومترًا فى الثانية، وعلى هذا النحو فهو يحدث أو يتسبب فى لطمة تعادل على الأقل مائة مليون ميجا طن من مادة TNT، أى بما يناظر أبعد كثيرًا من كل الأسلحة النووية الموجودة على الأرض مجتمعة. وعند دخوله جو الأرض فهو

يحل محلّه عمود هواء واسع للغاية، منشئاً صدمة قوية شديدة، تدور موجتها حول الأرض. وعند اصطدامه بالأرض، فإن النيزك ومعظم المواد فى موقع الارتطام تتجزأ على التو. كما تتخلع من الأرض المحفورة كميات ضخمة من الصخور وتتطلق، مندقعة إلى الهواء وحتى إلى الفضاء المحيط، تاركة وراءها ما يشبه الفوهة الواسعة للغاية لبركان ما. ومن ثم ترتد هذه الفذائف الصخرية إلى الأرض مرة أخرى فى شكل انهمار مطر صخرى، وثمة على بعد مئات أو حتى آلاف الكيلومترات، تنقد وتشتعل بعنف الظاهرة النباتية بأسرها. وهذه الصدمة الأرضية المهولة الناتجة عن الارتطام المبذنى والذى يفوق أكثر الزلازل عنفاً، سوف تستمر فى «انقمامها» التدميرى. وإذا ما وقع هذا النيزك فى البحر، فلربما تنتج عن ذلك أمواج، يصل ارتفاعها لعدة كيلومترات، مدمرة حدود المحيط إلى حد غمر مناطق هائلة من الأراضى. هذا وسيلتف التراب المتصاعد من الارتطام الكرة الأرضية بأسرها إلى حد أنه يقيم حاجزاً بين الشمس والأرض لعدة شهور، خاسفاً ضوءها، ومحدثاً أمطاراً حمضية تسمم الأرض والبحر معاً. وما يتبع ذلك بالطبع سوف يصل تأثيره المهلك لكل أنواع الحياة المعروفة وسرعان ما تودى إلى انقراضها.

وهذا الاصطدام الكونى الذى أنشأ بحيرة أكرامان ليس فريداً فى نوعه بأى شكل من الأشكال. فبين كل عدة ملايين قليلة من السنين يصطدم مذنب أو كويكب بالأرض بقوة تكفى لوقوع مثل هذا التدمير العالمى الواسع. وفى الماضى، ربما كانت مثل هذه المواجهات أو النقايلات بين الأجرام من مألوف الأمور. وقد أصبح واضحاً وعلى مدى واسع الانتشار أن مثل هذه الاصطدامات الكونية كان لها الأثر الكبير على الأشكال، التى وقع بها تطور الحياة، من خلال قدح أو الحث على الانقراض المرة تلو المرة، كما لعبت دوراً حاسماً فى مسألة أصل الحياة. وحتى وقت قريب كان العلماء مشدودين بشكل رئيسى إلى الكيمياء والجيولوجيا فى محاولتهم تفسير النشوء الإحيائى، وكانت الأرض تعامل من قبلهم على أنها نظام معزول. ولكن عبر العقود الأخيرة من السنين، فقد أغرقتهم الاتجاهات الفلكية

للحياة، وأهميتها الحاسمة لها. ولكي نحصل على مزيد من فهم كيف بدأت الحياة، فعلينا أن نصّاعد بنظرنا إلى النجوم، بحثًا عن أجوبة الأسئلة المثارة.

الغبار النجمي في عينيك:

إذا كان مخزون الذرات هو من قبيل ما يُستنزف بأكبر من قوة الأشياء الحية ذاتها وإذا ما كانت القوة المنشئة للطبيعة، كانت حاضرة أيضًا، فلماذا إذن لا يجب أن نَعترف أن ثمة عوالم أخرى توجد في أى مناطق السماء وقوافل مختلفة من الرجال، ومزيد من أنواع الحيوانات الضارية، وبهذه الكلمات المفعمة بالحياة للشاعر والفيلسوف الرومانى لوكريتيوس ^(١) Lucretius سعى إلى حثنا للاعتقاد بأننا لسنا وحدنا فى الكون. وكان يعنى إنه إذا كان الكون مصنوعًا من ذرات متماثلة تخضع لنفس القوانين الكونية للطبيعة، فلا بد أن العمليات التى أنتجت الحياة على الأرض، قد قامت بنفس العمل فى عوالم أخرى. وتاريخ المناقشة الجارية الذى يرجع إلى ذلك الرومانى الذرى ^(٢) لوكريتيوس، يجبرنا على مثل هذا الاعتقاد. ولكن هل هو صحيح؟

وقد أكد الفلكيون من خلال ملاحظاتهم عبر المناظير الفضائية أن الذرات هى ذاتها عبر الكون كله بالطبع. وعليه فإن ذرة كربون بمجرة أندروميديا **Andromeda** تتطابق مع مثيلتها على الأرض. وثمة خمسة عناصر كيميائية تلعب دورًا بالغ الأهمية والحسم فى البيولوجيا الأرضية هى الكربون **Carbon** والأكسجين **Oxygen** والهيدروجين **Hydrogen** والنيتروجين **Nitrogen** والفوسفور **Phosphorus**، ويبدو أن هذه العناصر موجودة بوفرة، بل من أكثر العناصر وفرة فى الكون.

(*) من أتباع النظرية الذرية آنند التى تقول بأن الكون عبارة عن ذرات (المترجم).

والكربون بالذات هو من أكثر تلك العناصر حيوية، ولنقل إنه أشبه بعروس المجال أو أكثرها أُبْهة وفخامة، وذلك بسبب خواصه الكيميائية الفريدة، فذرات الكربون يمكنها أن ترتبط ببعضها البعض، مكونة شريطاً ممتداً من الجزيئات أو البوليميرات **Polymers** (*) غير محدودة التنوع والتعقيد. البروتين والدنا يعتبران مثلين على هذه السلاسل الطويلة من الجزيئات. ومن هنا فإنه إذا لم يكن ثمة كربون لاستحالت الحياة كما نعرفها الآن. ومن المحتمل أن يكون كذلك أى نوع آخر من الحياة.

هذا وعندما بدأ الكون بالانفجار الكبير كان الكربون غائباً عن الوجود، لأن الحرارة الكثيفة الهائلة التي صاحبت ميلاد الكون حالت دون تشكل أى ذرات نووية، وبدلاً من ذلك فمادة الكون تكونت من «حساء» تغلب عليه عناصر بدائية مثل البروتينات والنيترونات. ومعظم البروتينات ظلت غير ملحقة بهذا الحساء وذهبت لتشكل نوى الذرات الهيدروجينية ومع ذلك وعندما تمدد الكون واكتسب برودته عبر الدقائق القليلة الأولى، ثمة تفاعلات نووية حولت بعض الهيدروجين إلى هيليوم **Helium** وبعض الدخان إلى كربون.

ومع ذلك فمعظم الكربون الموجود فى الكون لم يأتنا من الانفجار الكبير ولكن من النجوم. النجوم هى رد فعل اندماجات نووية، والتي عادة ما تحرق الهيدروجين لإنتاج الهيليوم. وفى النجوم الكبيرة تكون الخطوة التالية هى تحويل الهيليوم إلى كربون. وبعد ذلك، فإن العناصر المألوفة الأخرى (الأكسجين والنيتروجين وما إليها) يتم صنعها، ومعظم هذه العناصر الأثقل تبقى منحصرة فى النجوم، ولكن بين الحين والحين يتم تحريرها عندما ينفجر النجم. كما أن هناك تياراً ثانياً من المواد يهب علينا عبر الرياح الشمسية، وأيضاً عمليات مشابهة تحدث فى نظام النجوم.

(*) مادة تتكون من تجمع جزيئات بسيطة لتصبح ذات حجم جزيئى أكبر (المترجم).

وبأى من الطريقتين فإن العناصر المبددة تلك تختلط بالسحب المحملة أساساً بغاز الهيدروجين والتي تهوّم في الفضاء الواقع بين النجوم. ومع اكتمال الوقت اللازم، فإن هذه السحب الغازية تتفاعل مع بعضها البعض، مشكلةً نجومًا جديدة، ونظامًا للكواكب، وهكذا تترك أن الكربون والعناصر الأخرى الناجمة عن النجوم الميتة سوف تختلط أيضًا بذات السحب.

ولتخيل معي أن نظامنا الشمسى قد تشكل على النحو الذى وصفته نوا منذ ٤,٥ بليون سنة مضت، أى أن سحابة مهولة من الهيدروجين محملة بعناصر ثقيلة نوعًا أدت إلى تنقيبها، وإلى انكماشها تدريجيًا. وهنا وهناك تتقاطر الجاذبية بأقصى جهد لها أو تشد تلك الغازات إلى ما يصير بها إلى ما يشبه الفقاعات الكثيفة اللولبية الحركة. هذا التكوّم أو التكريس سيؤول مصيره إلى عنقود من النجوم الجديدة. وواحدة من بين هذه النجوم هى شمسنا. وحولها فإن الغاز والتراب سيدوم فى شكل نموذج معقد، مشكلاً ما يشبه بالأسطوانة من مجموعة الغيوم السديمية nebula، وفى النهاية تؤول إلى كواكب غازية مكثفة هائلة الحجم مثل كوكب زحل Saturn. والعناصر الثقيلة تتركز فى المناطق الداخلية للشكل الأسطوانى المشار إليه، حيث يندمجون فى كوكب الأرض وجاراتها. وعلى هذا النحو، فإن المادة التى صنعت كوكبنا ليست بدائية، وإنما هو الغبار النوى من النجوم التى انفجرت واتقد لهبها، وماتت قبل أن يوجد النظام الشمسى بمدة طويلة.

ومنذ أن تشكّلت الأرض لم تبقى المواد داخلها، ولكن استمر الكربون والهيدروجين والنيتروجين، فى الدوران المتعاقب فى جوها، صانعًا من خلال عمليات بيولوجية وجيولوجية ما يشبه القشرة حول الأرض، تعرف بالغلاف الجوى المحيط بها. وعندما يموت كائن عضوى ويتلاشى، فإن ذراته تتحرر مرتدة إلى البيئة فى بعض منها، ويصبح فى النهاية جزءًا من كينونات عضوية أخرى. وثمة إحصاءات مبسطة تكشف أن جسدك يشمل ذرة كربون تقريبًا من كل ميللجرام من كائن عضوى قضى نحبه منذ ألف

عام. وهذه الحقيقة البسيطة لها عدة تطبيقات مذهشة. فأنت على سبيل المثال تستضيف في بدنك حوالى بليون ذرة كانت فيما مضى تخص السيد المسيح أو يوليوس قيصر أو بوذا أو الشجرة التى جلس تحتها بوذا^(٢).

وفى المرة القادمة التى تنظر فيها إلى نفسك فى المرأة، حاول أن تفكر فى التاريخ الطويل بأحداثه العديدة التى مرت بها الذرات المشكلة لبدنك، وتذكر أن ما تراه من لحم والعينين اللتين تراه بهما، جميعها مصنوعة من «غبار النجوم».

الكيمياء الكونية:

لقد نشأت معتقداً أن الكيمياء هى شئ يجرى فى أنابيب الاختبار. وهذا ما سبب لى الاندهاش عندما تعلمت عام ١٩٦٩ أن جزيئات الأمونيا ammonia والماء تم اكتشافهما فى الفضاء الخارجى وتعجبت كيف تواجدت هناك؟ بالطبع، عرّف الفلكيون منذ زمن طويل أن الفضاء ليس فارغاً تماماً. وأن الفجوات بين النجوم تشتمل على سحب رقيقة من الغاز والتراب. وحتى فإن سحابة غازية كثيفة نوعاً تدور بين النجوم، يمكنها أن تحوى مليون ذرة فى كل سنتيمتر مكعب، والتى يمكن اعتبارها فراغاً vacuum، لا يمكن الوصول إليه فى المعمل. وفى وسط مفرط كهذا فضلاً عما هو أقل وأقل من الصفر كدرجة حرارة، فإن الفرصة ستكون ضئيلة لحدوث تفاعلات كيميائية. ولكن الأمر ليس على هذا النحو.

من الناحية التاريخية، كانت أول إشارة عن احتمال وجود جزيئات فى الفضاء ترجع إلى بواكير العشرينيات من القرن الماضى عندما اكتشف الفلكى هـ.ل. هيجر H.L. Heger بعض الملامح الغريبة، الشرائط فى الأطواق المنتشرة بين النجوم diffuse interstellar bands، وذلك فى نطاق النجوم وليس على مبعده منها. وفى النهاية تم امتصاصها أو استغراقها بواسطة جزيئات غير معروفة تقع فى الفضاء فى ممرات الضوء، ولكن لم يقبض للفكرة أن يتم هضمها. وبعد عدة

عقود زمنية، وفيما تلا اكتشاف الأمونيا والمياه البين نجمية، تسارع نمو قائمة الجزيئات الفضائية المعروفة. واليوم تم تعريف ما يزيد على ١٠٠ مادة كيميائية، أغلبها تم التعرف عليه عبر الإشعاعات وتيلسكوبات الأشعة تحت الحمراء.

ومعظم الجزيئات البين نجمية جزيئات عضوية، والمشارك العام بينها هو احتواؤها على أول أكسيد كربون $\text{carbon monoxide}^{(*)}$ ، كما تحتوي أيضًا على الأسيتيلين $\text{acetylene}^{(**)}$ والفورمالدهايد $\text{formaldehyde}^{(***)}$. والكحول $\text{alcohol}^{(****)}$ ، وذلك بوفرة ملحوظة. وثمة عضويات أكثر تعقيدًا تم اكتشافها فيما بعد مثل الأحماض الأمينية و PAHs (بولي سيسلك أروماتيك هايدروكربون) $\text{polycyclic aromatic hydrocarbons}^{(*****)}$.

ومن الواضح الآن أن ثمة وفرة في العناصر الأساسية التي ساعدت على الحياة في كل أنحاء الكون، حتى إن كثيرًا من الجزيئات العضوية قد استنفدت الحياة منها واستخدمتها. ومع بلايين السنين التي استغرقتها الكيمياء الكونية لتكثير وتوليد تلك العناصر، فقد كان ثمة وقت وفير لبناء سحبات هائلة الاتساع محملة بالجزيئات، والتي ظهرت من بينها النجوم والنظام الكوكبي كله.

هذا، ويقتنع الفلكيون الذين درسوا كيمياء سحبات الغاز البين نجمية، بأن جسيمات التراب قد لعبت دورًا مهمًا تلحق الكيماويات بسطحها الصلب وتتفاعل

(*) كربون أحادي الأوكسيد وهو الذي يحتوي على نرة أوكسجين واحدة في كل جزيء منه.

(**) غاز عديم اللون والرائحة يستخدم في اللحام.

(***) غاز مطهر شديد القاطية، ويستخدم الشكل المحلول منه في التطبيقات الطبية.

(****) الكحول عبارة عن سائل طيار عديم اللون يستقطر من اختمار بعض المواد السكرية، وهو يمتزج

بالماء وينيب للكثير من المواد العضوية والمعدنية ويستخدم كمطهر وكمنظف في الصناعات الطبية والصيدلانية (المترجم).

(*****) مركب عضوي يتكون من ذرات الكربون والهيدروجين فقط (هيدروكربون) في شكل حلقة

مستقرة كهربائيًا (أروماتيك)، ولكن هذه الحلقات تكون متعددة (المترجم).

معها بطرق معقدة. وليس من الصعب أن نعثّر على البقع الترابية فى الفضاء. مجرد نظرة خاطفة للسماء ليلاً بالقرب من الممر الجنوبي منها **Southern Cross**، وسوف تلاحظ وجود لطخات سوداء كبيرة فى درب التبانة **Milky Way**. وهذه المساحات السوداء قد نشأت من خلال سحب التراب التى تخفى ما وراءها من نور النجوم. وهذه الذرات الترابية التى نتحدث عنها أشبه بالحبوب الضئيلة التى تعادل أقطارها آلاف المليمترات، ولكنها تتضاغل لتكون فى حجم الجزيء. وتركيبها ينتج عن كثير من المؤثرات الفيزيائية والكيميائية: الأشعة فوق البنفسجية، الرياح النجمية، الموجات الصادمة، الأشعة الكونية. وهى تتضمن سيليكات **Silicates** والجليد **Ices** ومواد كربونية كالجرافيت **Graphite** وكثير من العضويات الأخرى. وهذه السحب البين نجمية يمكن أن يمتد عرضها لعدة سنوات ضوئية كثيرة، ولهذا تكون كتلة التراب فيها هائلة. وربما تكون هذه الحبوب أو البذور البين نجمية ضئيلة، ولكنها قد تكون العقل الكيميائى الغائب أو الذكاء غير الواعى الذى نسج الحياة.

ومن المثير للعجب أن التراب البين نجمى له تأثيرات حتى على خلفية كوننا. ومن المدهش أيضاً أن المناطق الداخلية فى النظام الشمسى هى مناطق ترابية من خلال ما كشفت عنه المسبارات المختلفة. والضوء البروجى (الخاص بدائرة البروج) الشهير والمنظور بعد غروب الشمس عند خطوط العرض المدارية القريبة من خط الاستواء، هو نتيجة ضوء الشمس المبعثر على الجسيمات الدقيقة جداً فى الفضاء. والكثير من هذه المادة هو مجرد حطام تام فى هذا الموقع، إلا أن البعض منها يشكل تياراً فى الفضاء البين نجمى. ويمكنك إذن، اعتماداً على سرعتها، أن تقول بأنها العناصر المنهمرة من النجوم. وقد سبق للفلكى دونكان ستيل **Duncan Steel**، الذى كان فى السابق بجامعة أدلريد، ومعه رفاقه وزملاؤه أن استخدموا نظاماً رادارياً أرضياً بنيوزيلندا لدراسة الحبوب البين نجمية التى تصطدم بالأرض. وتحليل ظاهرة التأين **Ionization** التى تحدث عند لمس هذه المتدليات الشبيهة بشهب دقيقة تستطيع اختراق الجو من غير أن تنقذ حرارتها،

أعنى لمسها للأرض، فقد أبرزت الدراسات أن بعض هذه الجسيمات له سرعة تبلغ حوالى ٧٠ كم فى الثانية، وهى سرعة تزيد كثيراً على إمكانية الإمساك بها فى مدار داخل النظام الشمسى^(٣).

التكوّن أو النشوء عبر الفضاء:

انطلقت سفينة الفضاء بيونير ١٠ "Pioneer 10" كإحدى السفن الرائدة فى مجالها من قاعدة كيب كانا فيرال Cape Canaveral فى ١٩٧٢/٣/٢. وانقطع الاتصال الرادارى معها فى ١٩٧٧/٤/١ عندما كانت على مبعده ١٠ ملايين كيلو متر من الشمس، والذى جعل منها أبعد شيء مصنوع يدوياً فى الوجود، تخيل أنه قد تم ربطك جيداً على مقعد بذات سفينة الفضاء بيونير ١٠ لتتقدم معها برحلة للنظام الشمسى وما يليه من كواكب وأجسام فضائية، فى غضون سنة أشهر ستعبر مدار المريخ، متغلباً بنجاح على عقبة حزام الكويكبات التى تحصى بالآلاف وتقع بين المريخ والمشتري. وفى أواخر عام ١٩٧٣ ستمر قريباً من المشتري، وبعد عشر سنوات أخرى ستعبر مدار الكوكب نبتون Neptune ثم تغادر الفضاء البين كوكبى إلى الأبد، مولياً مقصدك إلى النجوم، سوف ترى الشمس حينئذ فى حجم يعادل ٣٠/١ مما كانت تبدو عليه وأنت على الأرض ثم ستستمر الشمس فى الانكماش طوال الوقت. وفى مواجهتك ستجد شقاً أو فجوة من الفراغ والبرد والظلام. وأقرب النجوم سيكون آنذ على مبعده ٤,٣ سنوات ضوئية بما يعنى ٤٠ تريليون كيلومتر. وحتى لو كنت ذاهباً فى هذا الاتجاه، وهذا لن يحدث، فإن الرحلة بهذه السرعة ستحتاج منك إلى ١٠,٠٠٠ عام للوصول إلى هناك. استقر قليلاً لاستراحة طويلة، فليس هناك ما يمكن أن تراه لفترة طويلة.

بعد ارتحالك فى الفضاء لعدة آلاف من السنين، وتضمحل الشمس بحيث تصبح شيئاً لا يزيد لمعانه على اللمعان الشديد لنجمة بعيدة. ثمة هبة ريح أو تساقط نشط للتلوج بالقرب من موقعك الحالى، هناك شيء يحدث فى الخارج فى عتمة

الفضاء البين كوكبى، وثمة كتلة ما تتسل فجأت وبسلاسة ولكنها غير واضحة. وبشكل مبدئى تأخذ الشكل الكروى ويبدو أنها تبلغ عشرة كيلومترات من طرفها إلى طرفها الآخر. وبمنظرة فاحصة قريبة، ستعرف أن هذا الشيء هو خليط غير منتظم من الصخور والتلج والقطران Tar: إنه مذنب.

وباستمرارك فى الترحال أكثر وأكثر، ستظل تظهر مذنبات أخرى تتسلل إلى الأجواء فى صمت، وستظل أنت متجاوزًا أو مكتسحًا هذه الأشياء المراوغة والمحيرة فى آن معًا: تريليون من كرات التلج المتسخة مع بعضها البعض، وجحافل من الأشكال العنقودية فيما يشبه خلية النحل تحيط بالشمس وغيرها من الكواكب. وهنا وعلى بعد سنة ضوئية كاملة من المركز، فإن هذا التركيب الواسع من الأشياء الصغيرة الموصوفة سيكون علامة على الحد الخارجى الحقيقى للنظام الشمسى. وربما يكون موقعًا نائيًا ومنتشرًا على نحو واسع، إلا أن المذنبات ستظل مقيدة بمجال جاذبية الشمس الآخذة فى التلاشى.

ومن الناحية الواقعية لم يستطع أحد أن يرى المذنبات المحيطة بنظامنا الشمسى، ولكن وجودها أصبح مقبولاً من الفلكيين، منذ تنبأ بذلك لأول مرة جان أورث Jan Oort عام ١٩٥٠. والكتل الداخلية من المادة فى سحابة أورث لا تشبه المذنبات بمفهومها التقليدى، والتي تتلأأ فى السماء وينبت لها ذيل، ولكن سحابة أورث تعتبر البيت الحقيقى للمذنبات والمستودع الذى يمدنا بمعين لا ينضب منها.

وهذه المذنبات تظل نوعًا من الألغاز، حتى ولو أنها لوحظت عن كثب منذ قرون. وحتى وقت قريب استبعدنا معظم الفلكيين من المشهد باعتبارها من اللاعبين الصغار فى الدراما السماوية، على الرغم من الهواجس المرعبة التى ولدها مرورها فى الثقافات القديمة. أما اليوم فقد تبدل هذا الرأى لتصبح المذنبات على رأس الموضوعات الساخنة، ويتعلق أحد أهم أسباب هذا التغير بعمر هذه المذنبات، إنها تعتبر من البواقى التى لا تزال مستمرة من ميلاد النظام الشمسى نفسه، أو نماذج محتفظة بحالتها القديمة من مادة السديم الشمسى، وربما كانت

منقوعة أو منغمسة في مادة بين كوكبية أكبر منها بكثير. فعلى سبيل المثال يعد التراب الذى ينفثه المذنب هالى "Halley" أقدم عنصر قام العلماء بتحليله. فقد ظل هذا المذنب البدائى من دون تغيير وفى قلب عمق الثلجة الفضائية لمدة ٤,٥ بليون من السنين.

ومن الأشياء المثيرة والضاغطة بشأن هذه المذنبات، هو الدور الذى يبدو أنها لعبته فى أصل وتطور الحياة. ولكى تدرك مدى أهميته، يجب أن تعود إلى الوراء بفكرك إلى بداية نشوء النظام الشمسى. أعنى الطريقة التى تشكلت بها الكواكب من خلال الاهتياج والاضطراب العظيمين للسديم الشمسى، والذى كان فى غاية التعقيد. حيث بدأت العملية باحتشاد وتجمع جسيمات ضئيلة، ثم تصادمت ومن ثم اندمجت مع بعضها البعض وعلى نحو بطيء أصبحت تشكل تجمعاً أكبر وأكبر من المادة الصلبة. وهذه البذور فى داخل النظام الشمسى هى بالأساس مكونة من سيليكات *silicates* مقاومة للحرارة. وأكثر من ذلك فتمتد بزور كانت قابلة أو قادرة على الطيران تكثفت.

ومع تزايد حجم وكتلة تلك الشظايا بدأت تمارس جاذبية لحسابها الخاص فشددت جاراتها. وبذلك أصبحت التصادمات أكثر عنفاً منذ تجانبت هذه القطع الكبيرة إلى بعضها عبر قوة أكبر. وبعد ربما عشرة آلاف سنة من الدوران ابتلعتها كويكبات^(*) يبلغ حجمها بضع مئات من الكيلومترات، وبعد مليون سنة انطلق كوكب فى حجم المريخ إلى مداره حول الشمس، وأصبحت مواجهة الجاذبية الهائلة والمروعة من الأمور التى لا يمكن تجنبها. وعند نقطة معينة، فقد تم الاصطدام بالأرض على نحو مائل أو منحرف بواسطة واحد من هذه الأشياء، محدثاً آثاراً هائلة. إذ اخترق هذا الجسم الأرض إلى حتى مركزها الداخلى، مُثْبِتاً بذلك قلبها الحديدى. كما انزاح الغلاف الخارجى الأخف للأرض بعد اقتلاعه بسبب الصدمة

(*) من الأجرام السماوية الصغيرة نسيباً، والتى يظن أنها وجدت فى مرحلة مبكرة من نشوء النظام الشمسى (المترجم).

منطلقًا إلى الفضاء، مُنتَجًا بذلك مدارًا أسطوانيًا صغيرًا حول الأرض، لحطام هذه القشرة المنتزعة، والتي استضافت فيما بعد ما عرف باسم القمر. فضلًا عن أن الطاقة المهولة المُنتَجة قد حفظت الأرض جافة من أى مادة قابلة للتطاير.

وفيما بعد أصبحت سرعة الوقائع فى النظام الشمسى أقل احتياجًا أو سعارًا، لأن المادة هناك أصبحت أكثر رقة وأقل كثافة، كما أدت ظروف البرد إلى تجمد مواد مثل الماء والكبريت **sulphur**. وعلى نحو حاسم فربما عاش الهيدروكربون (الضعيف) من الغاز الرئيسى للسحابة فيما قبل حرارة الشمس فى هذه المنطقة. وتجمعت بذور أو حبات التراب الدقيقة حولها وفيما يشبه الزغب أو الريش من أثار بللورات الثلج الذى قامت بإذابته. ومن حين لآخر، فإن هذه الكسيف الثلجية تتصادم مع بعضها وتلتصق. ولكونها تنتشر على مدى عريض، فإن هذه الجسيمات الثلجية لا تتكثف فورًا فى شكل كواكب، بل تشكل تجمعات غفيرة فى شكل أجسام ثلجية صغيرة (نسبيًا)، يتراوح حجمها من عدة كيلومترات من جانب إلى الآخر، كالمذنب إلى كويكب أكبر من ذلك بمائة مرة. وبعد حوالى عشرة بلايين سنة، تجمع عدد كاف من هذه الأجسام الثلجية، لينشأ جنين الكوكب العملاق: المشترى. وبمجرد أن بلغ هذه الكوكب حجمًا يعادل حوالى عشرة مرات من كتلة الأرض، فقد بدأ المشترى ينمو بفعل إضافات الأجسام الشاردة فى الفضاء، واستطاعت قوة مجال جاذبيته أن تمضى أو تنثر بعيدًا حطام شريط عريض من السديم، مُستَلبة ما يكفى من مواد حزام الكويكبات السيارة (بين المشترى والمريخ) لتشكيل كوكب مستقل ذى شكل قزمى: المريخ. وعلى نفس منوال النمو، والذى تكرر لنشوء الكواكب زحل Saturn وأورانوس Uranus ونبتون Neptune، ولكن على مستوى أكثر بطنًا بسبب الكثافة الأقل للسديم مع طول استمراره. وفيما وراء مدار نبتون، فإن الكويكبات موزعة بشكل شديد التناثر وعلى نحو لا يتسنى معه تشكّل كوكب (كوكب بلوتو Pluto ليس كوكبًا حقيقيًا) وعديد من هذه الكويكبات الثلجية مازالت هناك على التخوم الخارجية للنظام الشمسى، مظلمة على نحو ما، وغير واضحة، وتدور فى مدار حول الشمس فيما يعرف بحزام كويبر Kuiper belt.

وقد استطاعت مجالات الجاذبية عبر العصور الممتدة أن تدفع كثيرًا من الأجسام الثلجية إلى الفضاء لتصبح بين نجمية. وأغلب هذه الأجسام قد دُفِع بها وبغير عودة خارج النظام الشمسي، وبعضها اندفع بعيدًا إلى ما أصبح في النهاية سحابة أورث Oort cloud. وهذه البعثة الناجمة عن الجاذبية كانت عشوائية بالكامل، حيث راحت ملايين من هذه الكتل تحت الاندفاع إلى داخل النظام الشمسي أيضًا، وبعضها تهشم داخل الكواكب. وتكرر الاصطدام في البداية من الكويكبات الذائبة في المنطقة الواقعة بين كوكبي المريخ والمشتري، ومرة أخرى بواسطة المذنبات القادمة من نطاق كوكب المشتري. وعبر مدة زمنية أطول أصبحت هذه الأجسام الثلجية، كواكب زحل وأورانوس ونبتون والتي سبق قذفها بعنف إلى ما بين الكواكب في النظام الشمسي. أما الأجسام خارج هذا النظام فقد أضافت مادة صخرية مضيئة خادعة المظهر للقشرة الأرضية. وما هو أكثر أهمية أنها دفعت بكميات هائلة من المياه كافية لنشوء ما نراه من محيطات لعدة مرات أكثر منها. ومع هذه المياه جاء الكثير من الجسيمات القابلة للطيران والتوليد والتي كانت الأرض تفقدها، خاصة تلك التي شجعت على نشوء الحياة العضوية. وعند هذه المرحلة، هبت رياح عنيفة من السديم الشمسي الأصلي، دافعة أمامها غازات الهيدروجين والهيليوم وغيرها، بعضها استقر في جو المشتري وذهب الباقي إلى التلاشي فيما بين النجوم. ويشبه الأمر أن تكون الأرض قد تركت بقليل أو بلا جو بدائي على الإطلاق، ولكن مع تدفق المادة المُنَبَّية فقد تم تطويق الأرض مرة أخرى بعباءة من الغازات الكثيفة مع مزيد من الأبخرة البركانية التي أراقها الجزء الداخلي المنصهر من الأرض.

وبعد مائة مليون سنة، كان قد اكتمل تشكّل الأرض بالكاد. ومع ذلك أصبحت بعد نصف بليون سنة تشبه الكوكب الأزرق الذي نعرفه اليوم. كان السطح ساخنًا، والمحيطات أكثر عمقًا والجو العام أكثر ميلًا للتحطيم، والأنشطة البركانية أوسع انتشارًا، وكوكب القمر أكثر قربًا، وأمواج المد أضخم. وكوكب

الأرض يدور بسرعة أكثر بكثير مما هو عليه الآن بحيث يعقب النهار الليل في غضون ساعات قليلة. وكان الاختلاف الكبير متعلقاً باستمرار التهديد القادم من الفضاء. نفس الكويكبات والمذنبات التي ساعدت في تشكيل سطح الكوكب لم توقف أنشطتها بشكل مفاجئ، بل استمرت تصل عصرًا بعد عصر بحمولاتها من الثلج والمواد العضوية. وفي الواقع هي لم تزل تجيء. إلا أنها عند تلك المرحلة تكون قد بدأت مساهمتها في تاريخ الحياة.

تأثير الصدمات:

«المذنبات جاءت بها، وهي أيضًا التي أخذتها بعيدًا»

كارل ساجان Carl Sagan^(٤).

واحد من الأسباب التي تجعل من الكتاب المقدس مما يحسن قراءته هو أنه ملئ بالدrama والمشاهد: نيران وصخور كبريتية والطاعون والأوبئة، وعلامات في السماء وفيضانات ومياه تنفصل عن بعضها. وإذا كان العالم قد أنشئ منذ ٦٠٠٠ عام، كما اعتقد كثير من المسيحيين القدامى (من الواضح أن القليل منهم لا يزال عند هذا الاعتقاد)، فلا بد أن القوة المنشئة للطبيعية كانت معينة ومنشغلة بالطبع في إنشاء الشكل الحالي لكوكبنا من بناء للجبال والمحيطات والأودية التي تحمل النفايات، وتحريك المجلدات glaciers أو أنهار الجليد.

وعندما حاول الجيولوجيون في القرن ١٨ إعطاء تفسير للجبال وأودية الأنهار، وملوحة المحيطات وأنهار الجليد، وأطوار حياة الصخور والأحفورات من خلال مصطلحات العمليات الفيزيائية بعيدًا عن الدور الإلهي في ذلك، فقد تبينوا أن هذه الأشياء استغرقت في نشوئها أكثر من ٦٠٠٠ سنة. وفي عام ١٧٨٥ أعلن الإسكتلندي جيمس هاتون Hutton، والمنقوش على اللوحة التذكارية لمقبرته أنه مؤسس الجيولوجيا الحديثة^(٥)، أن تاريخ جيولوجيا الأرض الذي لم نعثر له على

بقايا يمكن أن تحدد بدايته، يبدو كمشهد لا نهاية له. لقد اعتقد هاتون أن ملامح سطح كوكب الأرض قد تشكلت على نحو تدريجي من التغيرات المتزايدة والممتدة عبر فترات هائلة من الزمن، لقد تبين له أن ملايين من السنوات احتاجتها الصخور الرسوبية لتتراكم على هذا النحو مع بروز الجبال من بينها وتعرضها أيضًا لعوامل الحت.

لقد بدت أفكار هاتون هذه كنوع من «اللا تشكالية المصنوعة» **informitarianism**، وذلك بالمقارنة مع العقلية الكارثية لدى أتباع الكتاب المقدس، الذين يعتقدون بتفسير أن شكل الأرض يرجع إلى فيضان سيدنا نوح، والتشويه البركاني المستمر والصواعق السماوية. وقد احتضن تشارلز ليبل **Charles Lyell** بجماع قلبه هذه «اللا تشكالية المصنوعة» في بحوث ورسالة هاتون وطبعها في كتاب بعنوان «مبادئ الجيولوجيا» **"Principles of Geology"**، والذي تم نشره في عام ١٨٣٠. وعند هذه المرحلة بدا واضحًا للعلماء أن التغيرات الجيولوجية تطلبت بلايين السنين، وليس مجرد الملايين منها، لكي تستكمل الصورة التي هي عليها. وهي نتيجة ستكون متناغمة ومرضية لتشارلز دارون، الذي تخيل أن التطور البيولوجي قد استغرق سلسلة طويلة من التأقلم البطيء والتراكم عبر فترات مشابهة من حيث الطول.

ومع الإدراك المتأخر زمنيًا، يمكننا أن نرى أن «اللا تشكالية المصنوعة» قد ساقطت إلى رد فعل ضد التأملات الدينية عن الطبيعة. وعلى الجملة، فقد أثبتت أن هذه الأخيرة تعتبر عقيدة عنيدة أو حُرُون أو مستعصية. وثمة أدلة عن الجيوشان الفجائي جيولوجيًا وبيولوجيًا كانت واضحة لوقت طويل، ولكن تم تجاهلها بشدة. حتى هؤلاء الذين حاولوا لفت الانتباه إليها، فقد تم إبعادهم كقوم لهم أهمية في المجال. وعندما حدس الفلكي الجليل إدموند هالي **Edmond Holley** عام ١٦٩٤ أن مذنبا ربما صدم كوكب الأرض عن طريق المصادفة، فقد تم استهجان مقترحه وإهماله جانبًا. وفي عام ١٨٧٣ كان الفلكي الإنجليزي هـ. إيه. بروكتور

H.A. Proctor جريئاً بدرجة كافية ليقترح أن الحفرات الهلالية الشكل ربما تكون نتيجة لصدمات للكوكب بواسطة الكويكبات، ولكنه سارع بإهمال دعواه واستبدالها بحقيقة أن فوهات مشابهة لم تكن واضحة على سطح الأرض.

وفي ستينيات القرن الماضي تأكد لدى بعض الفلكيين أن الحفر أو الفوهات هلالية الشكل أو الدائرية هي في أغلبها ذات أصل بركاني. لقد كان الأمر يحتاج لهبوط مركبة الفضاء أبولو على سطح القمر، لتبرهن في النهاية على أن الحفر الموجودة في سطحه تسبب فيها وابل ممتد من صدمات الأجسام القادمة من الفضاء.

هذا وقد أظهرت لنا الصور التي التقطناها لكواكب وأقمار أخرى، وجود فوهات أو حفرات مشابهة وكثيفة: عطارد والمريخ يعتبران مثالين جيدين على ذلك. وهذه الأجسام استطاعت أن تحتفظ بسجل للتصادمات التي وقعت بها، بسبب افتقارها للأجواء الكثيفة وضعف نشاطها الجيولوجي. وبالمقارنة مع الأرض، فإن الحفر التي خلفتها التصادمات قد مُحيت تقريباً بسبب عوامل التعرية وما تفعله من تآكل وحتى مع ذلك فقد بقى على الأقل مواقع لـ ٢٥ حفرة تم التعرف عليها بشكل إيجابي في أستراليا وغيرها، وفي الولايات المتحدة الأمريكية بالقرب من مدينة ويندسلو Windslow، في ولاية أريزونا Arizona هناك حفرة شهيرة تعرف بالحفرة النيزكية Meteor Crater أو باسم حفرة بارنجر Barringer Crater، والتي يبلغ قطرها ١,٢ كيلومتر وعمقها ١٠٠ متر، ويصل عمرها إلى ٣٠٠٠٠ عام. وتعتبر بذلك أقدم وأكبر حفرة ناتجة عن تصادم نيزكي بالأرض معروفة مثل بحيرة أكرامان Acraman، والتي أشرت إليها في السابق.

وتعد دراسة القمر من أفضل الوسائل لإعادة بناء ما وقع للأرض من وابل التصادمات ذلك أن القمر من الناحية الفلكية يعد من أقرب الكواكب للأرض، وعليه فهي كانت هدفاً لأي تعاملات جرت مع تخوم جارنا الصغير (القمر). حتى إن تيلسكوباً صغيراً، وحتى نظارة معظمة، سوف يكشفان بعض الحفر القمرية الأكبر

حجمًا والتي يرجع عمر أقدمها إلى أكثر من ٤ بلايين سنة، وإن كان كثيرًا مما هو أصغر منها أقرب زمنيًا منها. وتلك التي وقعت من تصادمات أحدث سنجدها تعلو حفرًا أقدم منها، ذلك أن الحفر الأحدث تتجه إلى محو وتمويه الأقدم منها. وعلى ذلك فإن محاولة ملء الثغرات التاريخية منذ الـ ٥٠٠ مليون سنة الأولى، تعد عملاً من أعمال التخمين. ومن ناحية أخرى، فإن النماذج الرياضية والسجل القمري الباقي يقترحان أو يؤيدان أن جميع الأجسام السماوية في داخل النظام الشمسي قد تلقت ضربات صدمية من جانب الحطام أو الأطلال الكوكبية المحلية، وأيضًا من الكويكبات والمذنبات العملاقة القادمة من الفضاء خارج النظام الشمسي. وهذه التصادمات يجرى تعقبها تدرجًا منذ أكثر من عدة مئات الملايين من السنين، فقط لتلخيص واستعادة ما يمكن أن يكون قد وقع من ضراوة منذ ٣,٨ إلى ٤ ملايين سنة مضت. إنه إذن المرحلة أو الوجه من ظاهرة العنف المكثف الذي نشأ عنه سطح القمر من حيث الأحواض البركية (نسبة إلى البركة) المسطحة والمظلمة، والتي تركت مملوءة بالحجم ومقذوفات البراكين والتي بقيت ناعمة وملساء وهائلة نسيبًا وساكنة بعد كوارث الصدمات. وتختلف الآراء حول سبب ومدى الصدمات المتأخرة فبعض الفلكيين يعتقدون أن ذلك ينحصر في قرب الأرض من القمر، ويرى آخرون أنه يشمل أيضًا كل النطاق الذي يضم النظام الشمسي بأسره. وربما يرجع السبب إلى انشقاق القمر أو إلى مارد يأخذ شكل المذنب.

ومن وجهة نظر الحياة فإن معنى هذا الوابل المكثف من الاصطدامات هو ما يشبه توريد العضويات. وعندما حلقت سفينة الفضاء جيو توتو Giotto بالقرب من المذنب هالي Hally عام ١٩٨٦، فقد كشفت عن قلب للمذنب عبارة عن كتلة من القار الأسود يشمل الكربون والهيدروجين والنيتروجين والكبريت، وبتحليل الغبار المتدفق من رأس المذنب تبين أن حوالي ثلثه عبارة عن مادة عضوية. كما تم رصد جسيمات عادة مثل البنزين^(*) benzene والميثانول^(**) وأحماض خليقة

(*) سائل ملتهب يستخرج من قطران الفحم ويستعمل في صنع اللدائن وغيرها (المترجم).

(**) سائل كحولي ملتهب وله طابع المسية (المترجم).

(من الخل). فضلاً عن بعض ما يعتبر قوالب طوب البناء للأحماض النووية. وإذا كان هالي على هذا النحو، فيكون من السهل أن نعتبر المذنبات هي التي أمدت الأرض بما يكفي من الكربون لنشوء الغلاف الجوى للأرض قاطبة. كما أن صورة مشابهة قد وقعت للأجسام الثلجية الأكبر حجمًا في النظام الشمسي. وقد وجد الفلكيون مؤخرًا بعض الأشياء الغريبة أطلقوا عليها اسم «القنطور» Contour^(*) وهي تجوب هذا النطاق قادمة من حزام كويبر. وهذه الكويكبات الصغيرة^(**) ذات لون أحمر قائم ويبدو أنها مغطاة بفضلات بدائية غنية بالهايدروكربون.

هذا كله يغرينا بالاعتقاد أن هذه التصادمات العائدة إلى المذنبات والكويكبات السيارة والكويكبات الصغيرة هي التي حملت الأرض بطبقة من المادة العضوية والمياه، التي بالتالي شكلت «الحساء» البدائي والذي انبثقت منه الحياة في النهاية. ومع ذلك فثمة صعوبات تعترض هذه النظرية ذلك أن تصادم المذنب مع الأرض يعتبر واقعة تتسم بالعنف البالغ لدرجة أنها مهلكة للعضويات بأكثر من أن تمد بها الأرض. كما أن الأشياء الصغيرة التي تقتحم الغلاف الجوى بسرعة عالية تميل لأن تحترق بشكل كامل، بينما القذائف الكبيرة عندما تصطدم بالأرض بمثل هذه القوة، فإنها يتبخر أغلبها أو يتلاشى بفعل الانفجار الناجم عن الصدام. ولكي تبقى العضويات موجودة في مثل هذه الظروف سيمثل نوعًا من الحظ الطيب. وكما سنرى في الفصل التاسع فإنه مع الكتلة الصحيحة لتلك القذائف وزاوية الدخول، فإن عضويات الفضاء الخارجى يمكن أن تصل الأرض دون أضرار، ولكنه ليس من الأمور الاعتيادية. وتبين بعض الأبحاث أنه يمكن لتلك البذور الغبارية أن ترتحل منجزة طيرانها بأفضل من الصخور الكبيرة الحجم، وأن معظم عضويات الأرض قد جاءت من السماء على هذا النحو الخاص تمامًا، مثل هبوط «المن

(*) وهو كائن خرافى نصفه رجل ونصفه الآخر فرس (المترجم).

(**) هذه الكويكبات الصغيرة يعتقد أنها تكونت ووجدت في مرحلة مبكرة من وجود النظام الشمسي.

(المترجم).

والسلوى» من الجنة. والبعض الآخر من الأبحاث يرى أن الصدمات الموجية الصادرة عن المذنبات القادمة، ربما ولدت جزيئات عضوية طازجة لتُغيّر من أبعاد التحطيم الصدامي.

وفي الحالة القصوى للأمر، فإن الجسم الكبير الذي سيضرب الأرض يمثل هذا العنف سوف يزيل أكثر المواد بدلاً من أن يحافظ عليها أو يخزنها. وهذا مجرد لطف في التعبير عن ذلك الأمر البغيض، الذي هو الحت والتآكل الشديد الناجم عن التصادم. ويبدو أن التصادمات الأكبر في عصر الوابل الثقيل من التصادمات كنتست أمامها معظم الغلاف الجوي والمحيطات. وقد كان هذا الوابل من المذنبات أشبه بالسيف ذي الحدين، عندما تأتي المسألة للمياه والعضويات. والسؤال عما إذا كان كوكب ما هو الفائز الكامل أو أنه كان خاسراً، فإن الأمر يعتمد تماماً على الظروف. وفيما يبدو أن الأجسام الصغيرة مثل المريخ وعطارد والقمر كانت من بين الخاسرات بسبب عوامل الحت التي سببتها الصدمات، بينما الأرض وكوكب الزهرة - بالمقارنة - قد حظيا بالمواد.

وقد بقى «السيف ذو الحدين» ليحفظ التوازن على كوكبنا، كما فعل سيف داموكليس Damocles، بينما ظلت المذنبات والكويكبات والنيازك أو الشهب كمصدر خطر وتهديد للأرض. ويكمن السبب في ذلك في التأثيرات وسيطرتها فيما وراء النظام الشمسي. وبالرغم من أن النجوم تبدو لنظر أي امرئ وكأنها مثبتة في مواقعها بالسماء، ولكنها ومن بينها الشمس في الحقيقة تدور في مدار حول المجرة، وهي تتم دروتها هذه مرة واحدة كل ٢٥٠ مليون سنة أو نحو ذلك. وبسبب هذا الارتحال البطيء، فقد يحدث أن نجماً آخر أو سحابة غازية ضخمة تقترب من النظام الشمسي. وعندما يحدث ذلك، فإن مجال الجاذبية يربك سحابة أورث حيث تقذف بعض المذنبات إلى خارج النظام الشمسي وبعض آخر ينحرف في اتجاه الكواكب.

وعندما يتم اكتشاف مذنب جديد، فإن الفرصة تكون سانحة لاعتباره مجرد زائر لمرة وحيدة، ساقطاً علينا من الاقترابات الخارجية لسحابة أورث في رحلة

مليونية السنوات. وفي بعض الأحيان حين ينفذ مذنب إلى داخل النظام الشمسى فإن مداره يتشوش بفعل كوكب المشتري أو أى كوكب آخر، لدرجة أنه يعيد الكرة إلى دورته من وقت لآخر. ومعظم هذه المذنبات معروف لنا، ومن أبرزها المذنب هالى، وعندما يقترب من الشمس، فإن المواد القابلة للطيران تبدأ فى التبخر والتلاشى، بينما ينفث المذنب سحابة من الغاز والغبار تدفعها الرياح الشمسية إلى الذيل المميز. والمصير النهائى لمثل هذه الأشياء، ينحصر فى إما السقوط داخل الشمس، وإما ضرب كوكب أو ردها بعيداً عن النظام الشمسى وليس من بديل لذلك سوى «موت» المذنب فى حالة، مثلاً، توهج واتقاد كل مواده القابلة للطيران، ومن ثم ينحل ويتفكك قبل وقوع أى من الأحداث المشار إليها.

هذا، وتشير الحسابات إلى أن الاضطرابات فى سحابة أورث يجب أن تحل محل كل مذنباته بعد عدة مئات من ملايين السنين. ومع استمرار ظهور المذنبات على نحو منتظم فلا بد أن هناك عمليات إمداد بالطاقة تأخذ مجراها. وبعض الفلكيين يشكون فى وجود سحابة داخلية أو حزام للتغذية هما المسئولان عن ذلك، وأنها يمتدان من المنطقة فيما وراء الكوكب نبتون ويتناقصان تدريجياً، وأن حجمها الكلى قد يصل إلى ضعفى كتلة الأرض. وفى السنوات القليلة الماضية فقط تم اكتشاف بعض الأجسام الثلجية الكبيرة بالقرب أو فيما وراء حافة الجزء الكوكبى للنظام الشمسى وفى إطار حزام كويبر. ومن المحتمل أن المذنبات القصيرة زمنياً تتجذر هناك بأكثر من كونها فى سحابة أورث الأكثر بعداً.

وحتى فى يومنا هذا يستطيع مذنب أو كويكب أن يضرب الأرض بقوة تكفى لمحو معظم ما هو حى. كما يبدو قريباً من المظنون حالياً أن تصادمات ضخمة كانت وراء بعض الأحداث الدرامية الكبرى عبر العصور الجيولوجية المختلفة. ومن أكثر أحداث الانقراض شهرة، هى تلك التى وقعت منذ ٦٥ مليون سنة (وهى مدة قريبة نسبياً بالمصطلحات الجيولوجية)، عندما ماتت الديناصورات واختفت فجأة هى وعدد كبير من الأنواع الحية الأخرى. والدليل على أن تصادمًا كونيًا

هائلاً هو الذى كان مسئولاً عن ذلك جاء من الطبقة الواسعة العالمية من العنصر النادر المعروف باسم إيريديوم ^(*)Iridium. الذى وجد فى ثنايا طبقة الطفل أو الصلصال فى ذلك الوقت. هذا العنصر جاءنا بالتأكيد من الجسم الصادم. هذا وقد جاءنا تأكيد درامى لهذه النظرية فى العام ١٩٩٠ عند اكتشاف حفرة هائلة بحوافها الصحيحة، مدفونة تحت الأحجار الكلسية أو الجيرية فى المكسيك، والتى جاءت قياساتها نحو ١٨٠ كيلومتراً من الحافة إلى الحافة على الأقل، والتى ربما تسبب فيها جسم صادم يقرب قطرة من ٢٠ كيلومتراً.

والتصادمات الكونية هى من قبيل الأمثلة التى يشير إليها البيولوجيون كأحداث عارضة أو محتملة. إنهم لا يقيمون وزناً للبيولوجيا الأرضية وإنما فقط يعتبرونها من الأحداث القادمة من القبة الزرقاء أو السماء دون أى رابط بينها وبين تطور الحياة على الأرض وإنها تجمع بين الإبداع والهدم أو بين الجيد والسيئ. وأصل الحياة على الأرض وربما فى بعض الكواكب الأخرى، ربما تعتمد جيداً على ثراء موادها القابلة للتطاير، بينما كان موت الديناصورات تمهيداً فقط لصعود الثدييات، ثم الإنسان فى النهاية. ويبدو أننا ندين بحياتنا ووجودنا لمصادفة مأساة فلكية، حتى لو كان مصيرنا متجهاً إلى مجرد بقايا كبقايا الديناصورات المشاهدة حالياً.

تأثير «سيزيف» Sisyphus:

اكتشاف أن الأرض والقمر كانا دليلين على أن عقوبة كونية ما وقعت على شكل وابل من التصادمات حتى ما يقرب من ٣,٨ بليون سنة مضت، يحيلنا إلى مئاة كبرى. وإذا ما كانت أحفورة قابلة للتصديق بأن الحياة ازدهرت بالتأكيد منذ ٣,٥ بليون سنة مضت، وربما من الممكن أن تكون مبكرة عن ذلك إلى حد ٣,٨٥

(*) عنصر فلزى نقيس أشبه بالبلاتين (المترجم).

بليون سنة ماضية، وأن هناك نتائج رهيبة وكثيرة لتصادم كبير ومروع، فهل يمكن للحياة أن تحدث الوجود عبر هذا الوابل من المقذوفات؟ للأسف فإن ما ظهر وانتشر من أدلة يمكنه من جعل هذه المعضلة تنسم بالإثارة. ولو أن الجيولوجيين اكتشفوا بللورات من الزيركون **Zircon** (*) (سليكات الزركونيوم) عمرها ٤,٤ بليون سنة، واستنتجوا من ذلك بأن نوعاً من القشرة الأرضية قد أثارها شيء ما في هذا الوقت، باعتبار أن أقدم الصخور التي بقيت بكراً وغير مضارة التي سبق أن عثروا عليها يرجع إلى ٤,٠٣ بليون سنة. والعمليات الجيولوجية قد اجتمعت تقريباً كل الأدلة على ما كان يشبه أن يكون عليه كوكبنا منذ ٣,٨ بليون سنة.

ولو أن الأرض قد قاومت، لتمنحنا أسرار شبابها، كأدلة مباشرة عن الأحوال التي سبقت الـ ٣,٨ بليون سنة مضت بحيث تكون كامنة تحت أنوفنا (أو حتى داخل أنوفنا ذاتها). فإن الدنيا تشتمل على سجل لماضيها، لأن أجناسنا أو أعرافنا قد تمنطقت بالظروف البيئية التي أحاطت بها. ولو أن السجل العرقي مثله مثل السجل الجيولوجي قد انعزل وغمض بفعل ما أحدثه الزمن من إتلاف وتخريب، فهو بالفعل لم يفتح أو يتلاش تماماً. وقد جاءت كجائزة لمعلوماتنا عن تشكيلات الجينات، هي تلك المعلومات التي أمدنا بها علماء المايكروبيولوجي **microbiologist**، والذين استطاعوا أن يطلعونا على الكثير عن أسلافنا العالميين، الذين ربما عاشوا قبل ما يقرب من أربعة بلايين من السنين، ومن خلال معلوماتهم تلك، يتسنى لنا أن نخمن الظروف التي سادت في ذلك الوقت. وبالفعل فإن الرسالة التي ظهرت لنا من ذلك كانت مفاجئة.

تخيل ماذا كان يشبه الأمر خلال عصر الوابل الكوني من الصدمات الكونية. فكل صدام كبير أنشأ جيّشاً أو فوراناً عالمياً في قشرة سطح الكوكب،

(*) مادة الزركونيا هي عبارة عن ثنائي أكسيد الزركونيوم الذي يضاف إلى مكونات الطوب الحراري لرفع درجة إيضهارة إلى حوالي ٢٧٠٠ درجة، كما يضاف إلى خليط المينا المزججة لإسائها خاصية الاعتماد (المترجم).

ومدى التشويه الحادث كان أسوأ بشدة من الهبة التي أفنت الديناصورات. وقبل ٣,٨ بليون سنة قام شيء قطره ٩٠ كيلومتراً بضرب القمر، منتجاً فيه ما يشبه الحوض الضخم والذي كان حجمه يقارب الجزيرة البريطانية كلها. كما أن عدة تغيرات عنيفة مشابهة تركت علامات على آثارها التدميرية في شكل حلقات من الجبال. ولكونها بهذا الحجم الأكثر ضخامة فلا بد أن الأرض بدورها قد عانت من عشرات الاصطدامات المماثلة في الحجم، وأيضاً من بعض ما هو أكبر. ومن الصعب العثور على أى من مسببات هذه الصدمات الضخمة. فهناك الكثير من هذه الأجسام الضخمة تقع داخل النظام الشمسي. هناك كويكب شارون **Chiron** المكتشف مؤخراً والذي يدور في مدار غير مستقر بالقرب من زحل؛ ويبلغ ١٨٠ كيلومتراً طولاً من الجانب إلى جانبه الآخر، وتعتبر توابع ضربه للأرض مرعبة وعسيرة على التخيّل. وهو بكل المعاني يعتبر أكبر الكواكب الصغيرة المعروفة. ومنذ ٤ بلايين سنة، كانت هذه الأشياء من الأمور العادية عما هو عليه الحال حالياً.

هذا وقد تم تحليل تأثيرات الصدمات الضخمة بمعرفة نورمان سليب **Norman Sleep** وزملائه من جامعة ستانفورد^(٦). فوجد أن جسمًا صادمًا قطره ٥٠٠ كيلومتر، سوف يشق حفرة عرضها ١٥٠٠ كيلومتراً من الحافة للحافة، وعلى الأقل سيصل عمقها إلى ٥٠ كيلومتراً، كما سيتبخّر أو يتلاشى حجم هائل من الصخور في شكل كرة نار عملاقة، سوف تنتشر بسرعة حول الكوكب لتحل محل الغلاف الجوي، منشئة «جهنم» عالمية. وحرارة السطح سوف ترتفع لأكثر من ٣٠٠٠ درجة مئوية، مؤدية إلى غليان كل محيطات الأرض لدرجة الجفاف وإلى إذابة الصخور لعمق كيلومتر تقريباً، والكثافة الساحقة للصخور المتبخرة وتيار الحرارة المرتفعة، ربما يستغرق ثلاثة شهور حتى يبرد تدريجياً وببطء، وبالتالي تبدأ في الإمطار بقطرات من الصخور المنصهرة. كما ستتقضى ألف سنة كاملة حتى تمتلئ المحيطات مرة ثانية، ويعود الكوكب إلى نوع من حالته المعتادة.

ولو أن القليل من مثل هذه الكوارث الثقيلة يكون قد حدث، إلا أنه لا بد وقد وقعت مئات من الوقائع المقارنة لما صنع سمات الملامح القمرية أو الهلالية مثل قارة مار Mare cotinentale، وأنها أيضاً أطلقت رذاذاً من الصخور المنصهرة في الفضاء، منشئة غطاءً من الدخان الصخري حول جو الأرض. ويمكن للحرارة المتوهجة تلك والهابطة من السماء، أن تكفى لأن تكون المياه بصقت ٤٠ متراً من سطوح المحيطات في حالة غليان، مثيرة نوعاً من انهيار المطر اللافح لعدة عقود.

ومن الواضح أن الاصطدامات الكبيرة سوف تنتج تأثيراً شاملاً بجذب وعقم سطح الأرض. ونبضات الحرارة اللافحة من أبخرة الصخور سوف تدمر أى عضويات مكشوفة في وقت وجيز. وإذا انسحقت الأرض على هذا النحو كما يعتقد الفلكيون، وإذا كان السطح العضوى قد تشكل أو تأسس فعلاً منذ ٣,٨ بليون سنة، فلا بد أن الحياة ازدهرت بالكاد فور انقضاء آثار عقم الأرض، وجذبها الناجمين عن الاصطدام. وهذا يفضى بنا إما إلى أن الحياة قد جاءت من الفضاء، وإما أنها ظهرت بسرعة بمجرد أن كانت الظروف المحيطة في منتصف طريقها للمعقولة. (وبالطبع في ظروف عينة واحدة فإنه يصعب الثقة في مثل هذه النتيجة). وفي كل من الأمرين، فإنه يكون مما له معنى أن ثمة إمكانية لأن تظهر الحياة أكثر من مرة واحدة. وعبر هذه الاصطدامات ربما تخللتها فترات من الهدوء أو الخمود أعلى منها في المرتبة أو تفوقها أهمية، ولو بشكل نسبي أو له صلة بالأمر. وعلى أى حال، فإن الوابل الأخير ربما يكون قد ذبل بعد استفاد قذائفه تدريجياً، مخلفاً وراءه فجوات من دوام متفاوت بين فترات من الصدمات التى نجحت فى إجداب الأرض. وهذه الفجوات ربما أمدتنا بنوافذ من فرص لقيام الحياة.

ولقد فكر منذ سنوات قليلة كل من كيفن ماهر Kevin Maher ودافيد ستيفنسون David Stevenson من جامعة كالتيك Caltech فى أن يعيدا تعريف ما المقصود بأصل الحياة فى ضوء سيناريوهات الوابل الاصطدامى^(٧). حيث عقلنوا المسألة من خلال القول بأن الحياة يمكن القول بأنها بدأت عندما سمح الوقت

بظهور إعادة النسخ الذاتى فى زمن أقل من مراحل جذب الأرض بسبب الصدام. فإذا ما قلنا مثلاً إن الأمر استغرق عشرة ملايين سنة لصنع الحياة من «الحساء» البدائى فإن الوايل لا بد لأن يحتاج ١٠ ملايين من السنين من نوافذ فرص بداية الحياة. وقد تساعل ماهر وستيفنسون حينئذ إلى أى مدى يمكن أن تذهب إلى الوراء فى عصر الوايل الصدامى ثم تظل متوقفاً لفجوات من هذا القبيل من الدوام. ثم أجابا بتقدير ٢٠٠ مليون سنة. وهكذا تكون الحياة قد نشأت فى أى وقت بعد اصطدام ما بملايين من السنين، مزدهرة فى الفترات الأكثر هدوءاً، ليتم ضربها مرة أخرى بجذب أرضى يحدثه اصطدام آخر. تماماً كما حدث لـ سيزيف Sisyphus الذى لعنته الآلهة وحكمت عليه برفع حجر ثقيل إلى قمة الجبل ليسقط إلى السطح ويهبط ليرفعه من جديد لتعاد الكرة، وهكذا للأبد. فالحياة بدورها ناضلت المرة تلو المرة لتؤسس نفسها، فقط، لينكرر اندفاعها أو إطلاقها من الفضاء.

ومن الغريب أن الحياة لو كانت قد أعيد تشكيلها أكثر من مرة، إذ سيكون من الضرورى أن الإنسان لم ينحدر من أول شيء حى. والأكثر من ذلك أننا سنكون من نتاج أى أشكال حية، والتي اتفق أنها ناضلت للبقاء عقب آخر تصادم كبير وفى حالة توقف هذه السلسلة من وابل الصدمات. وهو ما ينشئ نقطة مثيرة للغاية حول الصخور التى عمرها ٣,٨٥ بليون سنة فى «إيسوا» Isua. إن تصادمًا مسيئاً للقفل والجذب ربما وقع بعد أن تكون الحياة قد نقلتهم، وإذا كان الأمر كذلك فإن العضويات التى خلفت آثارها الرقيقة فى هذه المنطقة الرقيقة، ربما لا تكون سلفاً للحياة التى نعرفها على الإطلاق. وربما تكون خاصة ببيولوجيًا بديلة مبكرة، وسبق أن أزلها أو محاها وابل كوني. وهكذا تكون صخور جرين لاند Greenland، مشتملة على دلائل هى بمعنى من المعانى تمثل تشكلاً غريباً للحياة.

ومما نعرفه عن التاريخ المبكر للنظام الشمسى أن سطح الأرض هو مكان صدقوى للعضويات الحية لمدة لا تقل عن عدة مئات ملايين السنين. وحتى لو أن

قاع المحيطات قد استطاعت بقليل من الحماية أن تصمد للبراكين الناجمة عن الأجسام الصادمة الكبيرة. فإن نبضات الحرارة بسبب هذه الجوانح أو الزلازل لا بد أنها كانت مُهلكة ومميتة إلى حد أعماق، تصل إلى عشرات أو حتى مئات الأمتار داخل قشرة سطح الأرض ذاتها. أين إذن، يمكن للمرء أن يتوقع التشكلات الباكورة للحياة أن تجد موضعاً على الأرض - إن لم تكن جلة عدن الصعبة التصور؟ أين يوجد الملجأ الذي يمكن أن يحيط أول وحدة بيئية بها كائنات حية تتفاعل مع ما يحيط بها من عناصر ومركبات غير حية، والتي يمكن أن تتحول إلى عدم على إجمالها من جراء الأبخرة الصخرية المتقدة؟ ولا بد أن الإجابة ستتحصر في: في مكان ما عميق. مكان ما تحت الأرض، ولكن ماذا على الأرض يمكن أن يحيا هناك؟

- (١) عودة الطبيعة "De Return Natura" لـ: تيتوس لوكريتيوس كاروس (trans. Alban Dewes "Titus Lucretius Carus" Winspear, The Harbor Press, 1965, p. 89).
- (٢) سبب هذه النتيجة بسيط. فكتلة مجموع الكربون الأرضي مقسومًا على كتلة الكربون في جسدك، ولو أنه رقم كبير، ومع ذلك فهو أقل كثيرًا من عدد ذرات الكربون في جسدك.
- (٣) اكتشاف الغبار البين نجمي الداخل إلى مناخ الأرض "Discovery of Interstellar dust entering the Earth's atmosphere" لـ: أ.د. تايلور "A.D. Taylor" وديليو.ج. باجالي "W.J. Baggaley" و د. آي ستيل "D.I. Steel". (Nature, 380, 323 (1996)).
- (٤) اقتباس من الأصول الفلكية والبيوكيميائية والبحث عن الحياة في الكون. "Astronomical and Biochemical Origins and the Search for Life in the Universe" والذي أشرف على تحريره كل من: س.ب. كوزموفيكى "C.B. Cosmovici" و س. بوير "S. Boyer" و د. ورثايمر "D. Werthimer". (Editrice Compositori, Bologna 1997). ولمراجعة شاملة عن دور المذنبات انظر: المذنبات وأصل وتطور الحياة "Comets and the Origin and Evolution of Life" الذى نشره كل من بول توماس "Paul Thomas" وكريستوفر شيبا "Christopher Chyba" وكريستوفر ماك كاي (Springer- Verlag, New York 1997).
- (٥) نظرية الأرض "Theory of the Earth" لـ: جيمس هتون "James Hutton"

(Royal Society of Edinburgh, Edinburgh, 1788, p. 304).

(٦) إقضاء النظم البيئية بواسطة اصطدامات كويكب كبير مع الأرض في بواكيرها

"Annihilation of ecosystems by large asteroid impacts on the early "

"Earth" لـ: نورمان سليب "Norman Sleep" وكيفن زانل "Kevin Zahnle"

وجيمس كاستنج James Kasting وهارولد مورويتز "Harold Morowitz".

(Nature 342, 139 (1989)).

(٧) فشل الأدلة على أصل الحياة "Impact Frustration of the Origin of Life" لـ:

كيفن ماهر "Kevin Maher" ودافيد ستيفنسون "David Stephenson". (Nature

331, 612 (1988)).

الفصل السابع

الحشرات العظمية

فى أواخر عشرينيات القرن الماضى نُكبت العاصمة المصرية «القاهرة» بسلسلة من الأحداث المزعجة، الممثلة فى انهيارات استنزافية. وكشفت التحقيقات التى أُجريت عن أن المواسير الأسمنتية قد تفسخت بعد مدة قصيرة تقدر بسنتين من بقائها تحت الأرض. وبدأ المهندسون المدنيون فى القيام بعدة اختبارات لتحديد سبب هذا التخريب. وسرعان ما سرى هذا التفسخ أو التفتت فى أماكن أخرى أيضاً. ففى كاليفورنيا وبالتحديد فى أورانج كـنـترى **Orange Country** فإن قناة التصريف البالغة ٢٦ ميلاً طوياً قد تآكلت بشدة، وتم علاجها بالكور لإيقاف التعفن والتهرؤ اللذين أصاباها. ومثلها فى لوس أنجيلوس أصيبت القناة ذات الـ ٥٥ ميلاً طوياً ولم يمنع انهيارها الكامل سوى بمساعدة وسائل التهوية القسرية. وفى كيب تاون **Cape Town** بجنوب أفريقيا ارتبك المهندسون وأصابتهم الحيرة أثناء نضالهم فى مكافحة التآكل المتسارع فى المواسير النفقية الأسمنتية، والتى تآكل بعضها بمقدار ربع بوصة فى السنة. ومن الواضح إذن أن شيئاً غريباً يحدث تحت الأرض.

وعندما بدأت ذات النوع من المواسير فى الانهيار فى المدن الكبيرة والصغيرة بأستراليا. فقد انعقد مجلس مدينة ملبورن، وتم إعداد مشروع بحثى تحت إشراف د.س.د. باركر **Dr. C.D. Parker**، والذى تلقى عينات من عدة مواسير مصابة عبر البلاد. وعند هذه المرحلة كان المهندسون متشككين فى أن المشكلة متعلقة على نحو ما بمادة كبريتيد الهيدروجين - حيث كانت الرائحة البغيضة المنبثقة تذكرهم برائحة البيض الفاسد - ولكن سرعة وحدة الإصابة بالتآكل كانت مصدراً للحيرة.

ولم يستغرق الأمر طويلاً قبل أن يكتشف الدكتور باركر ما الذى كان يجرى^(١). لقد كانت النظريات السابقة تركز على نوع ما من التحولات الكيميائية فى الأسمنت، ولكن باركر تبين أن التآكل يرجع فى الحقيقة إلى نوع من الهجوم العضوى. وسرعان ما نجح فى عزل المتهم بهذا الهجوم. نوع من الباكثيريا الضئيلة البالغة الصغر والشبيهة بالعصى «عصوية الشكل» ولا يزيد طولها على ٢ ميكرومتر.

وهذه العضويات متناهية الصغر كما أنها تعتبر شاذة حيث تتغذى على الأسمنت الصلب وتحوله إلى ما يشبه الفئات الصغيرة بعد مجرد أسابيع قليلة. وعلى غير ما تتحو إليه العضويات التى تنمو على غذاء من المواد العضوية، بدت الميكروبات التى اكتشفها باركر متنامية ومزدهرة على نظام غذائى كبريتى المحتوى، والتى تستخلصه من غاز كبريتيد الهيدروجين المنبعث من المستنقعات والبالوعات والمجارى. وقد رغب باركر فى أن يضعها فى إطار علمى فاختار لها مسمى *Thiobacillus concertivorus* والذى يعنى «العصويات الكبريتية آكلة الأسمنت».

هذا وقد كشفت الاختبارات المعملية أن هذا النوع ينتج حامض الكبريت، وأنها هى التى كانت وراء تحطيم أنفاق الصرف الأسمنتية تحت أرضية. وبالطبع تتوقف هذه الباكثيريا عن النمو ما لم يتم غمرها بحامض الكبريتيك. والمدهش أن هذا الحامض عندما يكون مركزاً فإنه يقتل أى كائنات أخرى، بل له القوة على إذابة الحديد العارى من أى عازل. والذى حدث أن حشرات باركر هذه والمحبة للحامض كانت معروفة بالفعل علمياً، بل كانت قد اكتشفت منذ سنوات عديدة تحت مسمى «العصويات الكبريتية المتأكسدة كبريتياً» *Thiobacillus thio-oxidans*. وكواحدة من العضويات متناهية الصغر المعروفة بحبها للحامض والتى على نحو موضوعى تتطلب لكى تعيش وسطاً حمضياً، والتى تكمن فى مواقع نفايات أو مخزونات خام الفحم والحديد، وبعضها يستطيع أن يتحمل سائلاً يحتوى على PH منخفضاً لدرجة ٢، والذى قد يسبب لك ألماً واضحاً، لو فكرت أن تغمس يدك فيه.

وليس فى مستوى أقل: ذلك النوع الذى يعثر عليه فى أماكن يفترض ألا حياة يمكن أن تقوم فيها، وهى الباكترىا التى تتخذ شكلاً هلالياً *halobacterium halobim*، وبالذات فى البحر الميت Dead Sea والذى يمثل بحيرة محاطة بالأرض وتبلغ ملحوة مياهه؟؟؟ إنك عند الاستحمام فيه يسهل جداً أن تجلس فيها عمودياً أو منتصباً بشكل مستقيم (وقد جربت ذلك شخصياً فى إحدى المرات)، والمعروف أن زيادة ملحوته ترجع لاحتباسه أرضياً. والمياه تأتيه من نهر الأردن River Jordan، ومن ثم تتبخر مخلقة الملح وراءها، والمساحة حول البحر الميت ذاك جافة وقاحلة ومجدبة، وكثير منها يشبه سطح القمر. وبالرغم من اسمه المانع والموحى فهو ليس مواتاً بالكامل، ويشهد على ذلك اكتشاف تلك الباكترىا هلالية الشكل. وهو أيضاً ليس فريداً فى نوعه فيما يتعلق بإمداده لحياة سكان من نوع الحشرات الملحية التى تعرف جميعاً كمحبى للشكل الهلالى *halophiles*. فتمة البحيرة الملحية الكبرى the great salt lake فى أوتاوه Atah، وكذا بحيرة ماجادى Magadi فى كينيا Kenya، يفىضان بدورهما بسكانهما الميكروبية الطابع الخاصين بهما. وهذه الميكروبات الهلالية القابلة للحياة اكتشفت أيضاً فى المناجم الملحية ومدفونة فى البللورات القديمة.

كما أن تمة ميكروبات تعرف بأنها يمكن أن تحيا فى ظروف أكثر تطرفاً أيضاً، مثل الثلجيات الكثيفة. وعلى سبيل المثال فقد وجدت مزدهرة ونامية فى المياه المحبوسة تحت مجلدات الثلج بقارة أنتاركتيكا Antarctica^(٩). وبعضها يستطيع تحمل برودة حرارة النيتروجين السائل، وحتى ما هو أبرد منه. كما أن بعضاً آخر من هذه العضويات متناهية الصغر يمكنها أن تعيش بسعادة فى محلول ذى طابع قلووى، وعلى سبيل المثال فإن الميكروبات الريشية الشكل *Plectonema* يمكنها أن تنمو فى محلول قلووى لدرجة أنه يضر الجلد البشرى بشكل جدى. وهناك حتى

(*) وهى قارة غير مأهولة تقع حول القطب الجنوبي. (المترجم).

ميكروبات مثل الحليقيات النزاعة إلى الإشعاع والمتناهية الصغر أيضا *Micrococcus radiophilus*، والتي تتعايش مع (وفى) جو إشعاعى والذى يمكنه أن يكون مهلكاً لأي كائنات عضوية أخرى، بالطبع، حيث عثر على ميكروبات على مستوى عالٍ من الصحة تسكن مستودعات الأجسام الإشعاعية وقادرة على هضم اليورانيوم والبلاتينيوم وأجسام أو عناصر مشعة غيرها. ولا أى شىء يمكنه أن يضغط عليها أو يعوق نموها وازدهارها. فثمة ميكروبات عادية مثل *E.Coli* يمكن أن تحيا فى عدة أجواء تقدر بعدة مئات من الأجواء المتباعدة دون أن يصيبها أى ضرر. وعلى الناحية الأخرى من التطرف، فإن عينات قابلة للحياة قد تم استرجاعها من فوق سطح القمر والتي تحمل اسم *streptococcus mitis* لها شكل متلوٍ وتحملت الوجود فى فراغ كامل لمدة عامين وهى ملتصقة بمركب كاميرا فى سفينة الفضاء «سيرفيور ٣» *Surveyor III*.

وهذه المصطلحات المثيرة والمستعبد للذكريات مثل «الحشرات الفائقة» *Super bugs*، والميالة للتطرف *extremophile* كانت قد تم صكها للدلالة على هذه العضويات الصعبة والبالغة الصغر^(٢). وسابقاً كانت هذه الحشرات الفائقة تمثل مجرد الفضول العلمى، وتم تدارسها أساساً من أجل الاستغلال التجارى. أما مؤخراً وبعد أن توسعت معارف علماء العضويات متناهية الصغر *microbiologists* فى هذا الشأن، فقد أخذت هذه النوعية من الحشرات مكانة بارزة ذات مغزى. إذ يبدو البعض منها بالغ القدم والبدائية، وثمة إحساس متنام بين العلماء إزاء ذلك بأنها نوع من الحفريات الحية، أو بأنها أقرب الأشياء الحية من أسلافنا الكونيين. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن الظروف الصارمة والقاسية التى تنمو فيها وتزدهر، مهما كانت شديدة التطرف بالنسبة لنا، فإنها ربما تكون إشارة أو دلالة على ما كانت عليه الأرض منذ ٣,٨ بليون سنة مضت.

البعض يفضلونها ساخنة:

«الحياة العضوية تحت الأمواج التى لا شاطئ لها تولدت واحتضنتها الكهوف اللؤلؤية للمحيط».

إريسمس دارون "Erasmus Darwin"^(*).

كانت الحرارة فى الصيف الأخير بأديليد Adelaide، حيث أعيش تصل أحياناً إلى ٤٣ درجة مئوية بما يجعل كثيراً من الناس يمكثون فى دورهم، والاحتفاظ بشيء من البرودة فى الخارج يعتبر مشكلة رئيسية، لدرجة أن قطننا المنزلية اعتادت أن تلهث كما يلهث الكلب من شدة الحرارة. إلا أن بعض الحيوانات الصحراوية تستطيع تحمل درجات حرارة أكثر من تلك، ويبدو أن الحد بالنسبة لها حول درجة ٥٠ مئوية. وما يزيد على ذلك من حرارة يجعل النباتات والحيوانات معاً، وكأنها فى قدر يغلى فوق موقد للطبخ. وحيث يؤدى ذلك بالبروتينات لأن تصبح غير قادرة على تأدية وظائفها بشكل صحيح - والمثال الكلاسيكى هو تحول البيضة للون الأبيض وكيف تصبح صلبة القوام بعد غمرها بالماء الساخن المتوسط الحرارة. فإذا ما شئ مثل هذا بدأ فى الحدوث لحيوان حى، فإنه سرعان ما سيموت.

ومنذ عدة عقود اندهش العلماء لاكتشافهم وجود باكتيريا تعيش بارتياح فى درجات حرارة تبلغ ٧٠ درجة مئوية، عثر عليها فى خليط من الأكوام أو فى السيلونات (الخزانات) العملاقة أو حتى مياه الخدمة المنزلية الساخنة. ولأسباب واضحة أطلق عليها اسماً لأول مرة هو "thermophiles"^(*) أى مُحبة الحرارة. وقد كشفت الأبحاث عن أنها تستخدم بروتينات خاصة توازنية ومغطاة بغشاء خاص

(*) تماماً كما فى كلمة فلسفة بالإنجليزية philosophy فهى من جزعين الأول منها يعنى "محب" philo والجزء الباقى يعنى "الحكمة" (المترجم).

مصنوع من نوع شمعى مقاوم للحرارة بأكثر من السِّمَّة العادية. ولقد اعتبرت الـ ٧٠ مئويَّة هي الحد الأعلى الذى يمكن أن تعيش فيه تلك الكائنات، وإلا بدأت الدنا الخاصة بها فى الذوبان. ثم تزايدت الدهشة عندما عثر توماس بروك Thomas Brock من جامعة إنديانا Indiana عام ١٩٦٩ على بعض منها سميت حشرات المياه الحارة *Thermus aquaticus*، وكانت تعيش فى الينبوع الساخن بالحديقة الوطنية المسماة "Yellowstone National Park" وفى درجة حرارة تبلغ ٨٠ مئويَّة.

ومن الظاهر أن تلك كانت مجرد البداية، ذلك أنه فى أواخر سبعينيات القرن الماضى استطاعت المركبة المسماة ألفن Alvin، والقابلة للغطس أسفل سطح الماء، والتابعة لمعهد تصوير المحيط. "Woods Hole Oceanographic Institute" أن تصل إلى عمق ٢,٥ كيلومتر تحت سطح الماء، وترصد ما كان مثيراً للجيولوجيين كمثال أولى لبراكين تحت المياه وفوهات المعروفة باسم «المداخن السوداء» "black smokers" وهو الاسم الذى جاء من الصخور المعدنية التى تغطى هذه الفوهات البركانية والشبيهة بالمداخن التى تنبعث منها سوائل ضبابية اللون (*) فى شكل كتلة أو موجة عظيمة تنتشر فى الأنحاء المحيطة بتلك الفتحات البركانية فى المحيط. وبالقرب من هذه المداخن السوداء يمكن لدرجة حرارة المياه هناك، أن تتجاوز 350 درجة مئويَّة أى ما يزيد على درجة الغليان العادية، وهذا ممكن بسبب ضغط الأعماق الهائل.

ولدهشة العلماء بمركبة ألفن، فقد وجدوا أن المنطقة حول شقوق أو صدوع تلك الفوهات داخل الأمواج الضخمة المتحركة والمتلاطمة فى أعماق المحيط تعج بالحياة. إذ تسكن هناك فى أحرج أعماق البحر سرطانات بحر ونباتات متأقلمة وديدان أنبوبية عملاقة. وكانت ثمة باكتيريا

(*) هو لون الجو اللاحق لوقت الفجر مباشرة (الضحى) وهو ضبابى أميل للسواد (المترجم).

من النوع «المحب للحرارة» المألوف، تعيش على الحدود الخارجية المحيطة بالمداخل السوداء. والذي كان ملحوظاً أكثر من أى شىء آخر، أن ثمة ميكروبات غير معروفة، من الآن فصاعداً، تعيش بالقرب الشديد من المياه المتدفقة السافعة أو اللافة التى تصل درجات حرارتها إلى ١١٠°. وقليل من العلماء الذين سبق لهم التصور الجاد بأن أى شكل من الحياة يمكنه أن يناضل أو يقاوم مثل هذه الدرجة من الحرارة.

والعضويات التى يمكنها أن تنمو أسرع تحت درجة حرارة ٨٠° مئوية كانت قد سميت «محببة النطرف الحرارى» *hyper-thermophiles* وذلك من قبل كارل ستيتز *Karl Stetter*، الذى استطاع أن يعزل ويصف كثيراً من النماذج الباكورة منها. ويُعيد اكتشافها صار واضحاً أنها ليست الاستثناء الوحيد. وللتأريخ فثمة ٢٠ عرقاً أو صنفاً تم وصفها. والمعنى وراء ذلك أن الكثير منها من نوع «الأرشيا» *archaea*. ودرجة الحرارة المسجلة رسمياً كانت لكائن عضوى يسمى «المهتاج حراريًا» *pyrnllobus fummarii* والمكتشف بمعرفة ستيتز وزملائه، والذى تشهد تقارير ملاحظته أنه ينمو فى درجة حرارة ١١٣° مئوية. ومع ذلك ادعى^(٤) جون باركر *John Parker* من جامعة بريستول *Bristol* شيئاً مذهشاً على نحو ما، بأن لديه أدلة عن استطاعة ميكروبات معينة أن تحيا فى أعماق البحر تحت درجة حرارة ترتفع إلى ١٦٩° مئوية.

والسؤال الرئيسى بشأن الكائنات العضوية فى الأعماق البحرية هو: كيف تعيش فى هذه الأجواء؟ وقد اعتقد البيولوجيون طويلاً بأن كل الحياة فوق سطح الأرض تعتمد فى جملتها على الطاقة المستمدة من الشمس: فالنباتات لا يمكنها أن تنمو من دون الضوء والحيوانات لا بد أن تأكل النباتات (أو بعضها البعض). ومع أنه عند هذا البعد فى عمق البحر يعد مظلماً شديد السواد^(٥) ولا يستطيع ضوء الشمس اختراقه. فهذه لا تمثل مشكلة لسرطانات البحر والديدان لأنها تكس أو تكسح أمامها الكائنات

الأصغر حجمًا في قاع البحر. لكن شيئًا لا بد أن يكمن أو يقبع عند قاعدة السلسلة الغذائية. حيث تتصرف الميكروبات كمنتجة أولية تحصل على الطاقة الحيوية التي تحتاج إليها من حرارة «الحساء» الكيميائي، الذي تلفظه براكين الأعماق البحرية.

والعضويات الحية التي لا تتغذى بالمواد العضوية ولكن تصنع كل حياتها أو بيولوجيتها مباشرة معروفة باسم «ذوات التغذية الذاتية» *autotrophs*. وتعتبر النباتات أمثلة نموذجية على ذلك، حيث تستخدم الطاقة الضوئية الشمسية لتحويل عناصر غير عضوية، مثل ثاني أكسيد الكربون والمياه إلى مواد عضوية. وذوات التغذية الذاتية التي تستخدم الطاقة الكيميائية دونًا عن الطاقة الضوئية تمت تسميتها «ذوات التغذية الذاتية الكيماوية» *chemoautotrophs* أو *chemotrophs* على سبيل الاختصار. واكتشافها فعليًا كان بمثابة حدث مهم ومحوري في تاريخ البيولوجيا. حيث تكمن هنا قاعدة للاستقلالية الكاملة في سلسلة الحياة. فهي إذن تراتبية أو هيراركية للعضويات الحية يمكنها أن توجد بالتوازي مع عضويات سطح الأرض دون أن يكون مصدرها الأساسي للطاقة هو ضوء الشمس^(٦). ولأول مرة أصبح من الممكن فهم التفاعل البيئي *ecosystems* بعيدًا عن تعقيدات التمثيل الضوئي *photosynthesis*. وبدأ العلماء يلحون مجالاً بيولوجيًا واسعًا وعريضًا، والذي ظل مخفيًا لبلابين السنين.

الحياة تحت العالم المرنى:

«الحياة الميكروبية يمكنها أن توجد في المواقع التي تستطيع فيها الميكروبات البقاء».

توماس جولد^(٧) Thomas Gold.

في كتابه المعنون «رحلة إلى مركز الأرض» *Journey to the center of the Earth* روى كاتب الخيال العلمي ذائع الصيت «جول فيرن» Jules Verne

قصة بعثة اتجهت لباطن الأرض وكيف اكتشف هؤلاء الباحثون المتسمون بالجرأة والإقدام حياة جديدة كاملة تحت الأرض، محتوية على أشكال غريبة دخيلة لسكان ما تحت الأرض، تحيا فى كهوف. ومن المؤسف أن قصة فيرن تلك قد اصطدمت بالأدلة الجيولوجية فى أيامنا الحالية. حيث يعرف رجال المناجم جيداً أن الأعماق تعنى الحرارة. فالحرارة يمكنها أن ترتفع ٢٠ مئوية مع كل كيلومتر تذهب فيه لأسفل. وهذا يعنى أن الحياة تكون غير محتملة لمعظم الكائنات الحية فى عمق عدة كيلومترات تحت سطح الأرض. وتستمر درجة الحرارة فى الارتفاع عند قشرة الأرض أو الغلاف الخارجى لها وذلك عبر الغلاف المنصهر المبطن لها وعند القلب أيضاً، والذي تصل فيه الحرارة إلى ٣٠٠٠ درجة مئوية، ومن ثم فإن أى رحلة إلى مركز الأرض تعنى تحويل القائمين بها إلى رماد. ومن ثم فإن حلم فيرن بأن الحياة يمكن أن توجد تحت سطح الأرض، يبدو من الأحلام المثيرة للسخرية. ولقد كان الجيولوجيون ولفترة طويلة، متنبهين إلى أن سطح التربة يحتوى على الباكثيريا وأن كهوف الحجر الجيرى يمكن أن تكون مسكونة بعضويات خاصة متكيفة مع هذه الظروف، وفيما عدا هذه الاستثناءات فقد كان من المعلى والمعروف أن الأرض مينة فى أعماقها^(٨).

كثيراً ما كان مثل هذا الرأى سائداً فيما يتعلق بأعماق المحيطات أيضاً. ولقد كان الظن بالأشياء شيئاً يمكن أن يقاوم للبقاء، بعيداً عن أقصى ما يصل إليه الضوء - ذلك أن السطوح الخارجية للمحيطات تظل مضاءة بنور الشمس. إلا أن اكتشاف المداخن السوداء والنظم الناجمة والمتفاعلة مع البيئة هناك تسبب فى تغيير كل تلك الآراء. فما دامت الحشرات العظمى يمكنها أن تعيش فى مواضع تبعد عدة كيلومترات تحت سطح البحر، فإنها أيضاً يمكن أن تحيا بنفس القدر بعمق عدة كيلومترات من سطح الأرض وكيف لا؟

ويبدو أن أول من جعل الصورة يمكن تعميمها فيما يتصل بتحت الأرض هو العالم الجيولوجى إدسون باستن **Edson Bastin** من شيكاغو، معتقداً أن الحياة تزدهر تحت سطح الأرض، وبدأ بالتعجب من أن المياه المستخرجة من حقول

الزيت تكون محملة بكبريتيد الهيدروجين، ومن ثم اقترح أن هذا الغاز ربما أنتجته بأكثيريا تقوم بكبريته، وتعيش عميقاً في مخازن الزيت تحت الأرض. ومع ذلك فقد كان بحاجة لأدلة تساند ادعاءه ذلك، وبالفعل وجد باسطن بعضاً مما يدعمه.

وبالإشارة للأنشطة الجيولوجية في أعماق الأرض فقد كانت تتركز هناك فيما لو أن الجيولوجيين يعرفون بالضبط ما الذي يبحثون عنه. ففي ستينيات القرن الماضي تم اكتشاف مخزونات أو ترسبات معدنية تحت سطح الأرض وبدأ كما أن بعض الباكثيريا هي التي قد رسبتها أو قذفت بها إلى مواقعها تلك. إنها ترسبات للحديد، والكبريت، والمنجنيز، والزنك وعناصر أخرى من المعروف أن الباكثيريا تستخدمها، وكانت مركزة بطريقة تدعو للريبة. وبعد قليل اكتشف للويد هاميلتون Lloyd Hamilton، الطالب الجامعي بجامعة لندن، شكلاً لأحفورة ميكروبية لا تخطئها العين، كانت كامنة في عروق حجر نفيس يسمى «جاسبر» Jasper^(*). مستنتجاً من ذلك أنها بالتالي عبارة عن بقايا نوع من الميكروبات، جعلت لها مسكناً في مسام الصخور^(٩).

وبالرغم من تراكم الأدلة على الحياة تحت الأرض، فقد ظل الرأي السائد أن تحت سطح الأرض مجذب وعقيم، ولم يتغير بالفعل إلا في أخريات السبعينيات من القرن العشرين، عندما عمدت الحكومات إلى تمويل أبحاث عن مشكلة التخلص من النفايات أو المخلفات النووية، إذ كانت هذه المواد النشطة إشعاعياً تدفن في عمق الطبقات الأرضية، بافتراض أن لا شيئاً كثيراً قد يحدث لها هناك. ومع ذلك فإن دراسات المياه الجوفية أشارت إلى أن الباكثيريا قد تسكن عند المخزونات تحت أرضية، كما أن عينات الصخور الناجمة عن الدراسات الحفرية كشفت بدورها عن عمليات باكتيرية. وبالتدرج البطيء، انكشف للعلماء أن الباكثيريا لو استطاعت غزو الطبقات الصخرية المائية في الأعماق، فإنها قد يمكنها أن تصل إلى مقالب

(*) وهو حجر كريم يميل لونه للاخضرار الضارب إلى السواد (المترجم).

النفائيات النووية وتفسد مكونات أوانى حفظ تلك النفائيات المانعة على نحو ما من آثارها الضارة، بل تسمح بتحريرها من تلك الأوانى فى نهاية الأمر. كما بدأت فى الظهور على سطح صناعة النفط، مشاعر قلقة مشابهة، باعتبار أن الباكثيريا يمكنها أن تخرق خزانات البترول وتفسده أو تتسبب فى حموضته. وحتى فى أواخر ثمانينيات القرن الماضى، عندما أعلن الفلكى الفيزيائى من جامعة كورنيل **Cornell** تومى جولد **Tommy Gold**^(١٠) أنه عثر على أدلة تقيد أن ثمة نشاطاً عضوياً فى الجرانيت السويدى **Swedish** الذى يوجد عند ما يقرب من سبعة كيلومترات عمقاً، قوبلت دعواه بالتهكم والسخرية.

ومن ثم كانت المسألة تحتاج لأدلة على وجود عضويات حية بالفعل لإقناع المتشككين فى الأمر. والذى حدث أن إدارة الطاقة الأمريكية **the US Department of Energy**، بعثت مجموعة بحثية لإقامة مشروع للحفر فى منطقة نهر السافانا **Savannah River** فى جنوب كارولينا وبدأ الباحثون يعثرون على باكتيريا تستطيع الحياة فى الصخور الناجمة عن الحفر إلى عمق نصف كيلومتر تحت الأرض، بحيث أصبح الأمر واضحاً للعيان^(١١). وقد وجه المهندسون فى المشروع عناية فائقة ومدققة لتجنب تلوث العينات بعضويات سطح الأرض، وعندئذ تضاعلت الشكوك حول أن ثمة ميكروبات تسكن بالفعل فى تلك الأعماق. وبعد قليل استطاعت مجموعة كارل ستيتز أن تزرع عضويات مفترطة التحمل للحرارة، مستخلصة من حفر الزيت العمودية وفى عمق بلغ أربعة كيلو مترات.

تلك العينات المعثور عليها والملاحظة تماماً، قد تأكدت من خلال مشروعات حفريات أخرى فى مختلف مناطق العالم. فعلى عمق ثلاثة كيلومترات من الحفر عمودياً فى الصخور المائية داخل رسوبات ترياسى **tiriasic sediment** بمدينة تايلور **Taylorville** بولاية فرجينيا، تم الكشف على عضويات عسوية الشكل من النوع المفرط فى تحمله للحرارة، متضمنة تلك النوع المتخيل والمسمى «العصوى الشكل **bacillus infernos**، والذى يتحمل الحرارة الفائقة». أما

ميكروبات المياه الضحلة القليلة العمق تميل لأن تتواجد بشكل وسطى أو بينى **mesophiles** أى أنها تنمو فى درجات الحرارة العالية ولكن ليست الفائقة الحرارة التى قد تسفعاها وتشيوبها. فقط على مبعده تزيد على كيلومتريين تحت سطح الأرض فإن العضويات الميالة أو المحبة للحرارة **thermophiles** هى التى تسود. وقدر علماء المشروع أن موقع تايلورفيل ذاك يعج بميكروبات عاشت على الأقل من ١٤٠ مليون سنة^(١١).^(*) وهناك بعض المواقع مثل المنجم «المقلّم» المسمى هاردروك ستربا **Stripa hard-rok** فى السويد، يعتبر محتلا بحفنة من الأنواع، بينما تعج الرسوبيات الشاطئية بميناء جنوب كارولينا بمئات من الأنواع المختلفة، وعلى الجملة فإن الحاصل النهائى للميكروبات القاطنة بباطن الأرض، عادة ما يصل تنوعها إلى آلاف الأنواع. كما وصلت عينات قلب الأرض إلى أنها حملت حوالى المليون من الباكثيريا فى الجرام الواحد. ولعله إذن الوقت الذى ننظر فيه إلى الصخور تحت أقدامنا، كما لو أنها محتشدة بأشكال ضئيلة أو نحيلة من الحياة.

وهكذا بعد أن غمرنا بالمعلومات عن وجود تلك الحشرات العظمى التحت أرضية، بدأ العلماء يتدافعون لإعادة تحرير الكتب المدرسية. وكل أنواع الغرائبيات الجيولوجية، أصبحت وراءها أنشطة لتلك الميكروبات غير العادية. وعلى سبيل المثال فإن الباكثيريا التى تفرز أحماضا **acid-secreting bacteria** يمكنها أن تحفر الصخور الصلبة مثل الكوارتز بحفر مسامية خفية تقوم بدور الحت والتآكل فيها. وربما يحدث مثل هذا فى أعماق الأرض أيضا؟ هذا ولأن شبكة العمليات التى يستغرقها استخراج الزيت من الصخور الرسوبية تصل إلى مدى بعيد، ربما ترجع فى أصولها لتلك العضويات الصغيرة المشغولة دوماً بالحفر. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن هذا يفتح الباب للربحية القائمة على حث استخدام الحشرات العظمى فى تسريع عملية استخراج الزيت^(١٢).

(*) هذا الرقم مكرر فى الكتاب الأصيل وبمراجعتة مع ملحق التنزيلات فى الكتاب تبين أنه موضوع للكتاب المشار إليه بالتنزيل، والذى يبحث فى أصول الباكثيريا (المترجم).

ويستهدف متتبعو الباكتريريا إلى مَرَمَى آخر يبحثون فيه عنها وذلك فى تحركات المياه الجوفية. فقد استطاع فرانسيس شابل Francis Chappelle من الإدارة الأمريكية للبحث الجيولوجى US Geological Survey فى كولومبيا بكارولينا الشمالية أن يدرس الطبقات الصخرية المغمورة بالمياه العميقة، ووجد أن الباكتريريا المسببة لتحلل الحديد Iron-dissolving يمكنها أن تنشئ حفراً مسامية وتدفع أو تنشر تدفقاً للمياه، بينما الباكتريريا المنتجة للكبريت sulphide-producing تؤدي إلى ترسيب الحديد مرة أخرى، مُغلقة بذلك تلك الحفر المسامية، وشبه بذلك تلك الميكروبات بالحروف الصغيرة، التى تقوم بدور حفظة المغاليق lock-keepers، بحيث تسمح بالتدفق أو تمنعه وفقاً لمتطلباتها^(١٢).

وبدأت صورة مشابهة أخرى فى الظهور فى الاستقصاءات البحرية. فلا تعيش هذه الميكروبات فوق أو بالقرب من قاع البحر فحسب، ولكنها تسكن أيضاً فى طبقات الصخور الرسوبية تحت قاعدة أو قاع المحيط، حيث كشف البرنامج الوطنى لحفر المحيط ocean drilling program عن علاقات للحياة فيما يزيد على بعد كيلومتر فى القاع. والعينات من عشرة مواقع فى المحيط الأطلنطى والبحر الأبيض المتوسط والمحيط الباسيفيكي، تمت دراستها بمعرفة جون باركر وزملائه فى بريستون^(١٤)، ومرة أخرى اتخذت الاحتياطات الدقيقة لتجنب التلوث عند السطوح. كما وضعت عينات منطقة القلب فى أوانٍ معقمة ومحدبة وتعج بالنيتروجين، وتم استخدام منشار للمعادن فى إزالة المنطقة الوسط منها. وقد انقذت النهايات المقطوعة إلا أنه تم إحكام الغطاء عليها. كما تم بالفعل تعقيم كل شئ تقريباً فى الموقع تعقيماً جيداً. كما خزنت مناطق القلب تلك فى بيئة مفعمة بالأكسجين فى درجة حرارة ٤° مئوية حتى يتم تحليلها فى المعمل بعد عدة أسابيع. وقاموا بتقطيع العينات، حتى تصبغ بادية للعيان.

وجاءت النتائج مثيرة للغاية. حيث وجد القائمون بالبحث فى بريستون ميكروبات فى كل العينات التى درسوها، حتى عمق ٧٥٠ متراً. حيث كانت

الميكروبات المنعزلة فى قاع للبحر أكثر إثماراً من تلك الموجودة تحت البر (الأرض) وكان باركر مستعداً مباشرة لحساب القدرة المدهشة لهذه الميكروبات المدفونة على الإخصاب، وذلك بواسطة المجهر حيث وجد تجمعاتها تقدر بما يزيد على بليون ميكروب فى السنتمتر المكعب بالقرب من سطوحها وتقترب من عشرة ملايين فى عمقها. ومن العجيب أن هناك بعض الأدلة على أن هذه الأعداد تبدأ فى التزايد مرة أخرى عند أعماق معينة ومن دون نهاية على الأقل فى الموقع نفسه. والأكثر أهمية، فإن ما يقرب من ٥٪ التى تعرضت لعملية القطع، ثبت أنها استعادت الحياة وأنها تقاوم بعد أن تم اقتلاعها من الأعماق. بالطبع لقد بقى بعضها قابلاً للحياة. وكان باركر قادراً على إعادة زرعها فى المعمل باستخدام آنية طبخ بالضغط، معدلة خصيصاً لهذا الغرض.

ومما يتضح من الكشف الأخيرة أن الحياة تحت الأرض مضللة، مهما بلغ المدى الذى توصلت إليه للكشوف. إذ لا بد أن هناك تحت الأرض عدداً كبيراً من أنواع الحيوانات. لأنه إذا كانت الميكروبات قادرة على التكاثر فى مدى نصف كيلومتر أو أكثر تحت الأرض، كما تقترح الأبحاث، فلا بد أن إجمالى عددها يبلغ ١٠/١ إجمالى الحياة على الأرض. وحتى هذا قد يكون تقديراً غير صحيح، لأن بعض أنواع الميكروبات يعيش سعيداً فى أعماق تزيد على ذلك كثيراً. وإذا كان أقصى ما تستطيع تحمله هو ١١٥ درجة مئوية، فإن عالم الميكروبات يمكن أن يمتد إلى عمق أربعة كيلومترات تحت الأرض وسبعة كيلومترات تحت أعماق المحيطات. وإذا أمكن تصديق باركر، فإن درجات الحرارة قد تصل إلى ١٧٠ درجة وإن المنطقة السعيدة تلك، يمكن أن تمتد إلى أعماق أكثر.

والسؤال الواضح الذى يمكن أن نطرحه هو، كيف لمثل هذه العضويات الحية أن تتواجد فى مثل هذه المواقع العميقة فى المقام الأول؟ هل اخترقت الصخور من أعلاها وإنسلت إلى أسفل حتى قاع المحيط؟ أو أنها احتبست فى طبقات الصخور الرسوبية عند بداية تشكلها؟ ويبدو أن كلا الطريقتين قد تمت

متابعتهما إلى حد ما. وعلى كل، فإن هذه التفسيرات استمرت من منطلق افتراض أن الحياة فوق الأرض هي من الأمور العادية، أما الحياة تحت الأرض فهي تمثل نوعًا شاذًا من التأقلم. هل يمكننا أن نكون متأكدين من ذلك؟ هل يمكن لهذا التسبب أن يكون مقلوبًا على رأسه وأن الحقيقة تكمن في العكس تمامًا؟

الصعود من «هاديس» Hades^(*):

منذ أن برز التسبب التأملي الدارويني بأن الحياة بدأت في بعض البرك الصغيرة الدافئة، فإن الحكمة المألوفة أو التقليدية تقتضى أن تكون الحياة ظاهرة فوقانية أى فوق سطح الأرض، إلا أن اكتشاف المجال الحار تحت السطح قد غير هذه النظرة بشكل دراماتيكي. إذ لو أن الحياة يمكنها الازدهار عند هذا العمق تحت سطح الأرض، فربما يكون واجبًا علينا أن ننظر إلى الأسفل في ما يشبه الاختبار القاسي، حيث تمت صياغة الحياة في البدء.

وثمة عدة أسباب تدفعنا لأن يبدو موقع ما في قاع البحر أو في الصخور الرسوبية تحت هذه القاع، إنه هو بذاته هو أفضل المواقع الطبيعية لأصل وتطور الحياة. ومن أكثر هذه الأسباب وضوحًا هو التصادمات الكونية وما تمثله من تهديد والتي أشرت إليها في الفصل السابق. باعتبار أن العنف المتكرر لوائل التصادمات الكونية ومقنوفاتها سوف يؤدي، وبشكل فعال، إلى عقم وجذب سطح الأرض وأن تتسبب الصخور المتبخرة في غليان المحيطات والأرض المنصهرة كذلك، كل ذلك سيكون مهلكًا لأي حياة على مدى عشرات الأمتار في عمق المياه على الأقل. ولكن في الأعماق الحقة تستطيع الحياة الميكروبية أن تتحمل أو تقاوم الصدام مهما كان كبيرًا وبعيدًا بدرجة كافية عن نقطة الصفر في الأرض. وثمة مخاطرة من نوع آخر لساكني السطح قديمًا وهي الإشعاعات فوق البنفسجية. حيث إن ضوء

(*) وهي مثنوى الموتى في الميثولوجيا الإغريقية، والغالب أنه تحت الأرض أو جهنم. (المترجم).

الشمس قد يكون مميتاً من دون درع. كما أن الثورات البركانية كانت بالفعل أكثر انتشاراً وتوسعاً وشمولاً مما هي عليه الآن، والتي كانت تقذف بقوة كميات هائلة من الغبار من وقتها فصاعداً. ومن ناحية أخرى فإن التحولات الجوية العائدة للهباء الجوي aerosols وتغيرات الضغط الجوي؛ كل ذلك من شأنه أن يجعل الوابل التصادمي ومقذوفاته في حدها الأقصى أما تحت سطح الأرض، ومهما كانت الظروف، فإن الأمور كانت أكثر استقراراً ورسانة.

وثمة ميزة أخرى لمواقع الأعماق، هي أن المواد الخام التي تحتاج إليها الحياة، كانت جاهزة وفي متناول اليد. حتى في يومنا هذا فإن القشرة الأرضية لم تنزل تتعصّد بما يمثل المد الدائم بالهيدروجين والميثان وكبريتيد الهيدروجين وغازات أخرى مختزلة. وتلك هي بالضبط الأنواع التي يحتاج إليها التركيب أو التأليف الكفء للجزيئات الحية biomolecules. وقد زعم كل من ميللر وأوراى في تجربتهما الشهيرة بأن الجو البدائي للأرض، كان مكوناً من تلك الغازات المختزلة، ولكن الآن حيث يفصل الجيولوجيون مزيجاً من ثنائي أكسيد الكربون والنيتروجين، فإن نظرية «حساء» السطوح لا تبدو مشجعة كثيراً. وبالتضاد في عالم ما تحت السطح، خاصة بالقرب من فوهات البراكين، تمدنا القشرة الأرضية بوفرة حقيقية من تلك الكيماويات المختزلة والمتضمنة لحديدوز الحديد ferrous iron، والعناصر الأخرى الإسفنجية مثل الكبريت والمنجنيز والمتوافرة بكثرة في الحمم البركانية. كما أن الطبيعة المسامية المغذية لبازلت قاع البحر تساعد في مد الحياة بمئاتها من القنوات والفجوات لتركيز المواد العضوية، وبمساحات واسعة من السطوح التي تحت التفاعلات لكي تأخذ مجراها. وعلى الجملة، فإن كل هذا يؤدي إلى بيئة كيميائية حيوية عالية الإنتاجية، وهو توقع أكدته التجارب. وعلى نحو ظاهري أو ربما زائف، فإن التربة الحرارية التي تسببت في زيادة حرارة قشرة المحيط الخارجية قد أنتجت المزيد من العضويات وبأكثر مما جاءت به تجارب ميللر - أوراى.

وتعتبر الطاقة عاملاً آخر يجب أن نأخذ في الاعتبار وبنفس أهمية المواد الخام. وقام بحسابها إيفريت شوك **Everett Shock** من جامعة واشنطن بسانت لويس. وكذا كمية الأنطروبيا بالقرب من الفوهات أو الفتحات المتطرفة الحرارة **hydrothermal** في أعماق البحر. «هناك ديناميكية حرارية **thermodynamic** والتي تؤدي إلى تشكيل تجمعات عضوية، حيث إن مياه البحر والحرارة المتطرفة للسوائل والتي هي بعيدة عن التوازن، تختلط كي تنتج نحو حالة أكثر استقراراً هكذا شرح شوك^(١٥)، حيث وجد أن الطاقة المتاحة تصل إلى حدها الأقصى عند درجات حرارة من ١٠٠ إلى ١٥٠، وهي بالضبط مستوى درجات الحرارة التي تعيش فيها العضويات المحبة للحرارة. وليس فقط في استطاعة هذه العضويات، أن تبقى مغلقاً عليها بإحكام في الأواني الواسعة التي تحفظ فيها الكيماويات والطاقة الحرارية الناجمة عنها، إنما أيضاً يمكنها الحصول على الطاقة عن طريق إنشاء تجمعات عضوية بسيطة. والطاقة المحررة يمكنها إذن أن تدفع بعيداً أى تفاعل ديناميكي حراري غير مرغوب لمثل تركيبات أو تآليف الببتيديات **peptide**. وقد قدر شوك أنه في حياة نموذجية عند فوهة أو منفذ، فإن الكتلة الهائلة هذه والديناميكا الحرارية يمكن استثمارها في إنشاء حياة عند الحدود المذهلة لما يساوي ٢,٥ كيلوجرام في الساعة. وهذا يتضاد مع المعركة أو القتال الدائر في الحياة على سطح الأرض والخاص بالتمثيل الضوئي، والذي يتطلب آلية معينة للتغلب على مضار الديناميكا الحرارية. وعادة ما يقال إنه: «لا يوجد شيء مثل وجبة مجانية». ويشرح شوك منتهياً إلى: «أنه لا يوجد مكان على الأرض تتصل فيه الجيولوجيا الكيماوية مع العمليات الحيوية أو البيولوجية مثل الأنظمة المتطرفة حرارياً»^(١٦).

ولو أن هذه المناقشات تبدو مقنعة، إلا أن الدليل الأكثر تحدياً هو أن الحياة بدأت حارة وفي الأعماق، ولكنها لم تكن نتيجة للكيمياء على الإطلاق، إنما جاءت من أصل وراثي أو أصل له تاريخ. وكما أوضحنا في الفقرة السابقة أن الجينات الباقية من العضويات الحية تحتوي على سجل للماضي، وأن الجزىء الحيوى هو

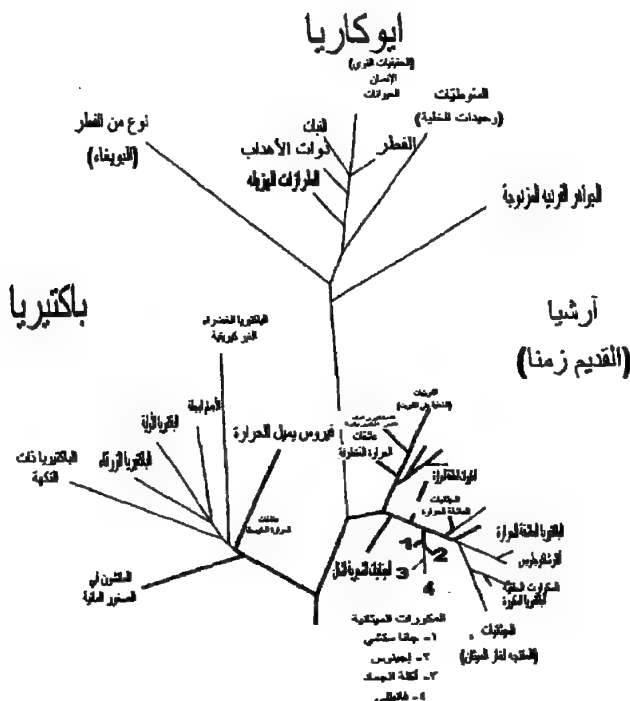
الذى يجب أن ننظر إليه لتعقب أو تبين طبيعة أسلافنا العالميين. كيف كان ما يبدو عليهم وأين عاشوا؟ وفيما يتعلق بتتابعات تقنية الجينات أو المورثات كان من له سبق في مجالها هو كارل ووز Karl Woese، والذي قدمته في الفصل الثالث، وطريقته في ذلك يمكن استخدامها لإعادة بناء شجرة الحياة وتحديد المسافات التطورية بين الميكروبات المختلفة. ومن الممكن عبر هذه الدراسات أن نستدل أو نحس أى مجموعة عضويات، هى التى ظهرت على الإطلاق فى أقل ما يمكن لها عبر الزمن، والتي لذلك تشبه أكثر الحياة الباكرا. وتشير نتائج هذه الدراسات بقوة إلى النوع الذى يسمى «أرشيا» Archaea^(١٧).

ومن بين أنواع الأرشيا المعروفة، ثمة مجموعات هى من أكثرها كسلًا وبلادة. فيما يتعلق بالتغيرات الوراثية. وهذه تظل فى تطورها ملتصقة بالأحوال، وهى فى حال عظيم من الابتهاج تحت مسمى «حرارى لبعض الوقت» Pyrodictium أو «الميل للحرارة» الأسبق زمنيًا. وقد قام كل من كارل ستيتير وسوزان بارنز Susan Barns بدراسة هذه الأرشيا باستخدام تقنية تحليل الرنا 16Sr، والتي تشير إلى مجموعة متكاملة من الرنا الريبوى ribosomal الذى يمكن استخراجه أو استنباطه من الحياة العضوية غير المعروفة فى البرية. والشكل ٧-١ يعتمد على عمل مبكر لووز وزملائه، ويلخص آخر ما وصلوا إليه من نتائج كقطاع لشجرة الحياة^(١٨). والملح ذو المعنى الذى يثب فورًا من الصفحة لناظريك أن الفروع الأقصر والأولى فى الشجرة تحتلها الميكروبات المحبة للحرارة وأيضًا المتطرفة فى ذلك الميل hyperthermophiles، thermophiles وهى الأنواع التى أخذت شكل العناقيد وتخلقت حول الفوهات الحارة تحت المحيط، وسكنت الصخور المغمورة بالمياه تحت السطح، ليلقى بها إلينا التطور مرة أخرى. والرسالة التى لا يمكن أن تخطئها العين من الجينات أو الميكروبات المحبة للحرارة والساكنة لأعماق هى أقرب الأشياء شبيهاً لأسلافنا العضويين العالميين.

ربما كان هذا مما يجلب الدهشة. إذ بينما انتقلت طبقة سطح الأرض بشكل هائل عبر العصر الجيولوجي. إلا أن السطح الأعلى للأرض قد تغير على نحو أقل. وثمة مواقع مثل الصخور الرسوبية عند قاع البحر والفوهات المتطرفة الحرارية hydrothermal تحت البحر والتي من النادر أن تختلف عن نظائرها منذ بلايين السنين التي مضت. وإذا كانت الحياة قد بدأت في موقع عميق وحرار، فربما تكون قد استمرت في شغلها لتلك المواقع حتى يومنا هذا ومع الظروف المستقرة فإننا قد نتوقع أن التطور قد رابط هناك، وأن سكان تلك المواقع تحت السطح والساخنة، ربما لم تتغير إلا قليلاً عما كان عليه أسلافها القدامى. والميكروبات التي قطنت لهذه الفترة تحت الأرض في قاع المحيط في المياه السافعة أو اللاقحة، حول الفوهات المتطرفة في حرارتها، ربما تكون لذلك هي الآثار المتخلفة عن العصور المضطربة العنيفة الالتهياج، والتي كانت الحياة فيها تناضل من أجل تأسيس وإنشاء ذاتها فوق كوكب ملتهب وخطير.

وعند أول اكتشاف لتلك الميكروبات المتطرفة في ميلها للحرارة، كان الميل هو الانصراف عنها باعتبارها تمثل انحرافاً أو زيغاً وأنها عضويات غريبة وشاذة، غزت على نحو ما مستودعات عالية الحرارة، واضطرت لتحوير نفسها لتتناسب مع الظروف غير العادية تلك. والآن فإن الدليل يشير إلى نتيجة عكسية: أن العضويات الصغيرة الباكرا كانت جميعاً من المتطرفة في ميلها للحرارة، ومؤخراً فقط تأقلمت مع الحياة في درجات حرارة أقل. وفي مواقع معينة تحت سطح الأرض تتشابه ظروفها مع تلك التي كانت منذ وقت طويل مضى. وهناك في واحد منها عثر على عضويات لم تزال محافظة على نموذج الحياة البدائية منذ بلايين السنين. وثمة مدخنة سوداء تحت البحر، ربما تكون عصية على عليك، ولكنها ليست كذلك بالنسبة لكائن جهنمي أسبق من حيث الزمن ومحجوب عن الرؤية Pyrodictum occultum، وإنما أشبه بالجنة الحقيقية، فهو مدلل وراض تحت هذا الغطاء الواقى الحرارى في طابعه الجيولوجي، كانت هذه الحشرات العظمى مثلاً

للحزمة البيولوجية التي تثبتت بمهاد الحياة، بينما كل أبناء عمومتهما المحيطين بها والأكثر قدرة، على المغامرة، هي التي تكاثرت وتضاعفت منذئذ وصاعداً وتعلمت التواء مع الحقائق المؤلمة والقاسية للحياة فوق سطح الأرض وبالتقريب الأسفل له. وإذا ما كانت هذه النظرية صحيحة، فإن اتجاه هجرة الميكروبات هو لأعلى أكثر منه لأسفل. فالحياة تحت الأرض لم تدفن، بل كانت هناك منذ البداية. ثم تصاعدت من الأعماق.



(شكل ٧ - ١)

الأحفورات الحية. هذا القطاع من شجرة الحياة يبين إلى أى مدى انفصلت الأنواع جينيًا بعيدًا عن بعضها البعض. وأطوال الأفرع تدل على كمية التحريف الجينى. والخطوط الغليظة تشير إلى الميكروبات المتطرفة فى ميلها للحرارة والتي اكتشفها ستينر ومجموعته. ومن الواضح أن أقل الأنواع التي ظهرت تحتل الأفرع

الأكثر قصرًا وعمقًا في الشجرة وجميعًا من المتطرفات في ميلها للحرارة. (أعيد طبعها من تطور الأنظمة البيئية المتطرفة الحرارة على الأرض (والمريخ؟).

Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars ?)

الذى ألفه جريجورى باك Gregory Back وجامى جود Jomie Goode (ويللى وأبناؤه المتحدة، شيشيسنر ١٩٩٦) وبتصريح من مؤسسة الفن الحديث .Novartis

والنظرية القائلة بأن الحياة بدأت فى الأعماق الحارة كان أول من ناقشها^(١٩) فى عام ١٩٨١ جاك كورليس Jack Corliss، من جامعة ماريلاند Maryland، وانتشرت بين العلماء بمعرفة تومى جولد عبر بحث متألق يُجرى محاكمة للنظرية^(٢٠) وهى بصفة مبدئية قوبلت بعدد من الشكاك المُعتبرين ولكنها سرعان ما اكتسبت شعبية بين العلماء وكثير من الطلاب. كما ساندتها عدة خطوط من الأدلة فى علوم البيولوجيا الجزيئية. وعلى سبيل المثال، فإن الميكروبات المتطرفة حراريًا تهضم الكربون بطريقة غريبة، مستخدمة دورة كيميائية بسيطة وتكاد تكون بدائية، والعضويات المتجذرة أكثر فى شجرة الحياة عن غيرها تستفيد من بروتين قادر على صدّ الحرارة والذى يحميها من التدفقات الحرارية المفاجئة من النوع المتوقع قرب النظم البركانية. هذا البروتين يشتمل على معادن مثل الزنك والمولبدنوم molybdenum^(*). وهى المعادن المعتادة فى التدفقات البركانية. هذا وجاءت المساندة أيضًا من التحليلات المطولة والتفصيلية للعادات الميكروبية المتعلقة بدرجات الحرارة. وكما رأينا فإن نوع الأرشيا يتضمن العديد من الميكروبات المتطرفة حراريًا. أما نوع إيوكاريا والأكثر ظهورًا وتعقيدًا عنها يمكنها أن تحشد أو تتجمع فى حفلات صغيرة. وما

(*) عنصر معننى يشبه الكروم فى كثير من خصائصه، ويستخدم فى تقسية الفولاذ (المترجم).

دام الأمر يتعلق بالباكتيريا، فإنها تتضمن المتطرف حراريًا والميال فقط (دون تطرف) للحرارة، والكثير منها من النوع الوسط بينهما. وبتناول الأمر على بعضه أو بشكل جمعي، فإن تعداد الباكثيريا يقترح لنا أن نوع الإيوكاريا منها كان دائمًا وبصفة مبدئية من بين الكائنات الباردة، والقليل منها هو الذى استطاع أن يتأقلم مع الظروف الحارة، وبينما نوع الأرضيا والباكتيريا قد فضلنا الحرارة، حيث إن البعض منها ظهر فى مستويات أقل من مقياس الحرارة ذاك.

والجينات التى ترجع لنوع الأرضيا تشير بشكل جبرى إلى أنها بقايا قديمة من الأعماق السافعة أو اللافة. وإذا كان هذا صحيحًا فإن هذه الميكروبات سوف تمدنا بلقطات عن كيف كانت عليه الحياة والأرض ذاتها فى الماضى البعيد. أو أن تقلب المناقشة رأسًا على عقب: إذا كان أسلوب حياة الميكروبات من نوع الأرضيا يتواءم مع ما نعرفه عن الحياة فى الماضى، فإنها تدعم أو تساند النظرية القائلة بأن تلك العضويات تمثل نوعًا من الكبسولات المنمنمة الطابع للزمن.

دعهم يأكلون الصخور:

مهما كان تقويمنا لمخاوفنا عن تعرض الأنواع للخطر أو فقد التنوع البيولوجى، فإن الحياة ككل تمتلك شبكة قضبان متصالبة ومحكمة تجرى عليها فى هذا الكوكب. وعبر الأزمنة المطردة الطول، فقد تم إثراء الأرض بالعضويات الحية وأقلمتها مع متطلبات البيولوجيا، وحتى عند وقوع اصطدام كبير لكويكب مع الأرض فإنه بينما ينشئ حالة من الدمار يقضى فيها على أنواع عديدة فى ضربة واحدة، فإنه فى الوقت نفسه لا يمحو المجال البيئى ككل، فمنذ ٣,٥ بليون سنة على الأقل وحتى الآن، والحياة على الأرض تتمتع بتنوع قوى ونشط، بحيث يضمن أنه سيستمر فى البقاء بشكل ما، ليست كل الأنواع ولكن فى حدود أقسى وأشد النكبات.

ولكن الوضع قبل ٣,٨ بليون سنة مضت كان مختلفاً كلياً. وعليه فإن قدر أى نظام ميكروبي فى النضال من أجل الحصول على موطنٍ قديم، لا بد تماماً من وضعه فى الميزان. وقبل إمكانهم التنوع لتقديم حماية ضد غير المتوقع من الظروف فقد كان عليهم أن يتجاوزوا كثيراً من المخاطر إلى جانب مخاطر اصطدام الكويكبات العملاقة. ومن بين أكثر ما واجهته هذه الميكروبات صعوبة، هو أزمة الغذاء، وبشكل أوضح: أزمة الطاقة. لأنه من دون وفرة التنوع الموجود فى الحياة، فلن يكون هناك شىء عضوى تتغذى به، ومن ثم فقد كان عليها أن تبحث عن مصدر آخر للغذاء. وقد كان ثمة اثنان من المصادر الممكنة: ضوء الشمس، والكيمائيات، وباعتبار أن التمثيل الضوئى يعتبر من العمليات المعقدة، فقد كان الانتحاء الكيماوى *chemotrophy*، يبدو النظام الأمثل.

وإذا نقبنا فى التاريخ يمكننا أن نثبئن أول مفتاح للحشرات الكيماوية من دراسة قام بها ميكروبولوجى روسى يدعى سيرجى وينوجرادسكى *Sergei Winogradsky* فى الثمانينيات من القرن الماضى حول الباكترىا المتدلية فى شكل شرائح *thamentary*، والتي تكمن فى العيون الكبريتية، *sulphurous springs*، إذ وجد أن النوع المعروف باسم *Biggiatoa* (الفضفاض أو المتدلى كال كيس) يأكل الكبريت. وبالفعل، فإن هذا يحدث نتيجة لليأس. وينوجرادسكى كان مستعداً لتصنيفها أو وضعها ضمن بيئة معينة مستحدثاً وسيطاً من كبريتيد الهيدروجين الذى ينوب فى الماء. وبالرغم من أنه يعتبر سُمّاً قاتلاً لمعظم العضويات الحية، فمن الواضح أن هذا المستحضر كان تأييداً لما قيل عن اختيارات هذا النوع من المتدليات والكبريت الخام كان أيضاً مقبولاً ولكن كغذاء فى أوقات المجاعة.

اكتشاف وينوجرادسكى مثل نوعاً من الإلهام، لأنه حتى ذلك الحين كان البيولوجيون يفترضون أن كل العضويات الحية إما أنها تقضم قطعاً من عضويات أخرى، أو تحصل على الطاقة اللازمة لها من خلال التمثيل الضوئى. وهنا مع هذا

الكشف فثمة ميكروب يتعيش بسعادة على نظام غذائي يعتمد على كبريتيد الهيدروجين، أو الكبريت الخام، مع أن كليهما عضويات كيميائية بالكامل. وكان وينوجرادسكى هو الذى صك مصطلح أو الاسم الدال على ذاتية الغذاء *autotrophs*، وهى تلك التى تحصل على الطاقة من مصادر غير عضوية. ومن السخرية بمكان أن الأمر صار إلى أن هذه البيجياتو (جنس المتدليات)، ليست بالضبط ذاتية الغذاء، ولكن وينوجرادسكى كان على الطريق الصحيح، ومنذ فقد تم اكتشاف العديد من أجناس الميكروبات الكيميائية. وكان أكثرها تميزاً هى الميكروبات العنوية الشكل الكبريتية والمؤكسدة *thiobacillus thio-oxidans* وهى الباكثيريا التى تسرف فى شربها للكبريت، وتهاجم البلاعات والمجارير.

ولقد صنعت هذه الباكثيريا الكيميائية بيئتها الحيوية من ثانى أكسيد الكربون، والذى هو دائماً من المتاح على الأرض، كما أنه من الغازات التى تذوب أو تتحل فى الماء. ويمكن لتفاعلات كيميائية متنوعة أن تمدنا بالطاقة. واحداً من هذه: أكسيد الكبريت أو كبريتيد الهيدروجين، وهو الشيء المألوف للباكثيريا ساكنة السطوح، والتى تتعامل مع الأكسجين من الهواء. ومن الأكثر إثارة لنا هنا هو النوع من الباكثيريا الكاره للأكسجين *anaerobes* (المتعضى اللا هوائى) وذلك بسبب أن الأكسجين المتاح حالياً كان غائباً عن الأرض الباكثرة. وعبر الخمسين سنة أو نحوها منذ تم التعرف على أنواع من الميكروبات المفرطة الميل للحرارة، فإن العضويات التى تبلغ أقصى المدى فى نموها مع هذا القدر من الحرارة، كانت تضم النوع الميل للحرارة أحياناً *Pyrodictium*، وكذا تلك التى تتأرجح ميولها ما بين الحرارة والبرودة *Pyrobaculum*، كلاهما لم يتعامل مع الأكسجين على الإطلاق، وهو ما يتلاءم مع النظرية القائلة بأن محبى الحرارة من نوع أرشيا عبارة عن أحافير حية من عصور بعيدة زمنياً وتتسم بوجود الأكسجين المجانى. وهذه الحشرات العظمى تحصل على الطاقة بدمج الهيدروجين مع الكبريت لصنع كبريتيد الهيدروجين.

يتناثر الكبريت كثيراً بين الجزئيات العضوية، ربما هو الأصغر كنسبة بين العناصر، ولكنه عنصر كيمائى مهم للحياة الباقية، والباكتيريا التى تهضم الكبريت وتقوم بتمثيله غذائياً تشتمل على بعض من أقدم المتطرفات منها فى ميلها للحرارة. وهذا يشير إلى مفتاح حاكم فى أهمية الكبريت لتشكل الحياة والاسم القديم للكبريت هو حجر الكلس **brimstone**، وهو المعادل أو المكافئ للكبريت. وهو عنصر شيطانى أو جهنمى يتشارك مع البراكين المتقدة ومع الجحيم. ولقد كان عاملاً مهماً على الأرض البدائية، خاصة فى شكل كبريتيد الهيدروجين، والمكان المركزى للكبريت فى قصة أصل الحياة أمر يدعو للسخرية، ليس فقط لأنه ليس جنة عدن، بل أقرب شبهاً لجحيم «هاديس»، وإنما يمكن أن يكون الأمر أن الحياة أنشئت من معدن الكبريت.

والحديد يعتبر بدوره عاملاً مهماً للحياة، وهو دائماً ما يوجد مندمجاً مع الكبريت مثل معدن الـ «بيريت» **Pyrite**^(*)، والذي يعرف شعبياً على أنه نوع من الذهب الخادع. وكان المقترح أن هذا المعدن الحادث الرئيسى لعملية النشوء الإحيائى، وذلك بواسطة كيميائى ألمانى يدعى جونتر فاشترورزر⁽²¹⁾ **Counter Wächteräuser**. وبينما كبريتيد الحديد يصنع غشاءً بدوره، مشكلاً موقعاً لنظرية مايك رسل **Mike Russell** عن أصل الحياة، والتى عرضتها فى الفصل الخامس. ولا يزال معدن الـ «بيريت» يمثل مصدراً لغذاء الباكتريريا ذات الانتحاء الكيمائى (التي تتجه فى نموها إلى عناصر كيمائية). «المترجم» من نوع: العصوية الشكل الميالة لأكسيد الحديد **Thiobacillus ferro-oxidans**، والتي تحصل على طاقتها من محتوى أكسيد الحديد وأكسيد الكبريت المندمجين. وبالمناسبة، فإن مهندسى المناجم يعيرون كثيراً من اهتمامهم لأنشطة هذه العضويات الدائمة الانشغال. يتم إنتاج الحديد المحتوى على ما هو حديدى حقاً كمنتج مهدور أو ضائع باعتباره بحرر المزيد من الحديد والكبريت من معدن البيريت، ومنشأ لدورة تفاعلات كيمائية

(*) سبيكة صفراء اللون مكونة من الكبريت والحديد. (المترجم).

متسارعة. وتوجد كميات كبيرة من معدن البيريت في الأوحال والقانونرات وفي المناجم وفي عروق الفحم. هذا الأمر قد يؤدي إلى تآكل الآلات أو يتسبب في مشكلة تلوث حقيقية تعرف باسم «الصرف الحمضي للمناجم» **acid mine drainage**، كما أن هذه العضويات العنصوية التي تتغذى على أكسيد الحديد، يمكنها أيضًا أن تهضم كبريتات معادن أخرى مثل النحاس **copper** والقصدير **tin** وحتى اليورانيوم **Uranium**، الذي يستغل تجاريًا في تنقية المعادن. وثمة آكل آخر للحديد من الباكثيريا الكيماوية والمعروف باسم، جاليونيلا **Gallionella**، والذي يقطن مجاري الأنهار الغنية بالحديد، والذي يحيل أملاح الحديدوز السائلة أو المتحللة في الماء إلى الحالة الحديدية غير القابلة للحل. مؤديًا إلى تلوين المياه بلون الصدأ، وهي حالة مميزة يستطيع الكثيرون ملاحظتها. وهكذا، فإن الحديد والكبريت ربما كانا معًا يمثلان القابلات الرئيسية التي ولدت الحياة في قشرة الأرض، ومازالا يقدمان قطوفًا دانية لحياة المتعضيات الميكروبية. وفي المرة القادمة، حينما نرى مجرى مائيًا ملونًا بلون الصدأ فلنتأمل جيدًا، إذ إنك تشاهد عملية لها علاقة مباشرة بأصل الحياة.

وهناك طرق عديدة تقوم بها الميكروبات. فهذا النوع اللافت للنظر المسمى أرشيا ينقسم من الناحية الطبيعية إلى ثلاث مجموعات: محبو الحرارة ومحبو الشكل الهلالي **halophiles**، (محبو الملح) **salt-lovers** وصانعة الميثان **methanogens**. وهذه الأخيرة تحصل على الطاقة بصنع الميثان وهي واحدة من أشكال التمثيل الغذائي الأساسية، والتي لم تزل منتشرة تمامًا في عالم الميكروبات. ولو أنت كيميائي بارع فإنه يمكنك أن تحصل على غاز الميثان مباشرة من الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون. وهو ما تفعله ميكروبات الميثانوتريمرس **Methanothermus**، وهي ميكروبات عنصوية للشكل تسكن الينابيع الحارة في أيسلندا. ومؤخرًا تعثر تود ستيفنز **Todd Stevens** وجيم ماكللي **Jim Mckinley**، من معامل الشمال الغربي الباسيفيكي في ريتشلاند **Richland** بواشنطن في ميكروبات تفعل مثل ذلك تحت الأرض أثناء مشروع للحفر في

منطقة نهر كولومبيا^(٢٢). وقد تنبها لوجود هذه الميكروبات تحت الأرض عقب انفجار وقع أثناء حفر فى طبقة عميقة من طبقات البازلت. وبمواصلة البحث وجد ستيفنز وزملائه أن الصخور العميقة كانت تنفث هيدروجيناً. وهذا الغاز ذو مستوى عالى الانفجار فى الهواء. وقد كانت المفاجأة بالنسبة لى أن أعلم بحدوث هذا طبيعياً فى مكان ما على الأرض فى هذه الأيام. ومن الواضح أن عمليات كيمياوية متنوعة سوف تُنتج مثل انسكاب الماء على السيلكا^(*) الغنية بالحديد iron-rich silicate^(٢٣). ومن المدهش أن ثمة أماكن معينة فى عُمان وكاليفورنيا واليابان يتم فيها تركّز عال من الهيدروجين المتسرب من باطن الأرض إلى سطحها.

يمثل غاز الهيدروجين مصدراً مُرحباً به للطاقة بالنسبة لنوع الميكروبات صانعة الميثان methanagens، حيث تقوم بدمجه مع ثانى أكسيد الكربون الذائب، ومن ثم يصنعون بيئة حيوية حيثما تواجدوا. وبفعلهم ذلك ربما يشكلون أقدم شكل للتمثيل الغذائى. وهذه ليست إلا أمثلة على الميكروبات ذات الانتحاء الكيمائى والتي تستقل بالفعل عن حياة السطح، ولا تعتمد، ولو حتى بطريقة غير مباشرة على منتجات التمثيل الضوئى. وبهذه الطريقة يمكنها توفير الغذاء وسلسلة الحياة القادرة على الازدهار والنماء فى الظلمة المطلقة وفى الأعماق تحت سطح الأرض. وهذا الأمر ليس من قبيل الحدس أو التفكير أو الذى لا أساس له. لأن ستيفنز وماكنلى أرادا أن يُصنفا هذه الباكترىا من خلال الحفر التى يعيشون فيها، حيث وُجد البعض منها يعيش متطفلاً على مواد عضوية ينتجها آخرون بشكل مبدئى adinito. ولقد اعتقد العلماء أن خليطاً معقداً من البيئات يسكنون فى بازلت نهر كولومبيا وصاغوا تعبيراً مكوناً من الحروف الأولى لجملتها هذه الدلالة: Subsurface Lithoautotrophic Microbial Ecosystem= SLIME، وهى التى تصف تلك الحالة التى يمكن ترجمتها تقريباً إلى (النظم البيئية لتغذية الميكروبات الحجرية التى تعيش فى تجاويف الأحجار تحت سطح الأرض). ويكاد بالتأكيد أن

(*) السيليكات هى كل ملح يتم اشتقاقه من الحوامض السيلكية أو السيلكا (المترجم).

هناك أنواعًا أخرى من هذه النوعية من الميكروبات تنتظر اكتشافها فى مواقع أخرى عديدة.

هذه الميكروبات تحتل واحدًا من أعرق فروع شجرة حياة الأرضيا، وهذا يعنى أنها ضمن أكثر تشكيلات الحياة فى القمم. وثمة واحد منها يسمى ميثانوبيرس *Methanopyrus* لديه قدرة على النماء فى أقصى درجات الحرارة (١١٠°) ويشمل غشاء كيمائيا مميزًا يشبه سلفه من الغشاء الليبيدي *Lipids*^(*) الموجود فى معظم أنواع الأرضيا، وهذا، يقترح علينا أن هذا النوع ربما من بين أقدم طراز بدائى للنظم العضوية عُثر عليه حتى الآن.

وتكمن الصعوبة فى إعادة بناء الأساس الميكروبي لشجرة الحياة، فى أننا ليست لدينا فكرة عن العضويات التى بقيت حتى هذا الوقت دون أن تكتشف، فربما هناك بعض الأنواع الغريبة والناثية من الـ *SLIME*. هذا، والميكروبولوجيون ليس فقط يعثرون على أنواع جديدة طول الوقت، ولكنهم ينفقون بالمصادفة إلى مملكة جديدة كلية. والحوض البركاني الزجاجى أسود اللون *Obsidian Pool* فى الحديقة الوطنية لـ: بيلوستون *Yellowston*، قد أعطتنا مؤخرًا نوعًا غير معروف من الأرضيا يحتل فرعًا عميقًا ومميزًا فى الشجرة، يقع بين نوع الإيكاريا والمجموعة الرئيسية من أنواع الأرضيا. وبالتبعية فقد أشارت سوزان بارنز *Susan Barns* ونورمان بيس *Norman Pace* وزملاؤهما إلى وجود مجموعات منفصلة ربما تمثل أكثرها قديمًا فى المملكة الميكروبية المعروفة.

وبالطبع فإن أى نوع من العضويات باق حتى الآن سوف يكون بالضبط علامة على سلفه القديم. إذ ثمة تحولات تطورية يصعب تجنبها عبر هذا التدفق الهائل للزمن. ومع ذلك فعلىنا أن نحاول ونخمن أى نوع معروف من الميكروب يمكن أن يشبه سلفنا العالمى. ربما كان المرشح الملائم هو هذا النوع من الميكروبات

(*) الليبيدات هى مركبات عضوية تشمل ضروبًا من الشمع والدهن. (المترجم).

الحرارى أحياناً **Pyrodictium**، التى تختزل الكبريت. إنها تزدهر وتنمو بقوة فى درجة حرارة ١١٠°، وبالتالي تشير إلى سلف عميق من محبى الحرارة. وهى تعيش فى مستعمرات أو تجمعات تشكل شبكات غريبة من حلقيات أو مكورات الشكل المترابطة بواسطة شرائط أنبوبية مدلاه. ومن الأسر أو الفائن أن تتعجب كيف لأسلافنا أن يسكنوا هذه الشبكة العنكبوتية البالغة التعقيد فى بعض الكوآت أو التجاويف المتقدة الحرارة تحت سطح الأرض، ولبلابين من السنين الماضية.

ويبقى التاريخ:

وبهدف التلخيص: سجل الأنواع أو العرقيات يقترح علينا أن سلفنا العالمى عاش عميقاً تحت سطح الأرض وفى درجات حرارة تفوق ١٠٠°، ومن المحتمل أنه كان يأكل الكبريت. ومع ذلك فمن الواضح أن هذا الكائن الصغير كان بالفعل نموذجاً متميزاً لشكل من الحياة له سمات معقدة مثل تركيب شفرة البروتين. وكما أكدت من قبل، فإن ذلك السلف العالمى ليس هو أول كائن حى. ولا بد أن تاريخاً طويلاً من التطور هو الذى جعله يستمر. ونحن لا نعرف بالكاد شيئاً عن الظروف التى ربطت بين أول كائن حى وبين ذلك السلف العالمى.

ومن المغرى أن نتخيل أن الحياة بالفعل بدأت فى جو ساخن أو طبوغرافيا حرارية **geothermally**، وغنية بالمعادن فى تجاويف تحت السطح، ثم ظهرت فى موطنها الطبيعى كسلف عالمى قبل أن تتناقلها الإشعاعات عبر الكواكب. ومع ذلك نحن لا نعلم إذا ما كان هذا هو الوضع. وربما تكون الحياة فى بيئة مختلفة تماماً، ثم قامت بغزو المناطق الحارة تحت سطح الأرض فى تاريخ لاحق. وفى الفصل السادس ناقشت أعمال نورمان سليب **Norman Sleep** وآخرين والتى اقترحت أن سطح الأرض قد عانى من عدم التوازن من وقت لآخر، بسبب دخان الصخور الناجم عن التصادمات الكونية بالغة العنف. وطبقاً لهذه النظرية المحبطة والمثبطة

على السواء، فإن الحياة ظلت تعاني من الضربات العنيفة المتلاحقة التى أبدت أغلبها، ولكن فقط لتظهر مرة أخرى، كما يظهر طائر الفينيق phoenix^(*) من بين الرماد. وبينما يتناقص تدريجياً وابل الضربات فإن سطح الأرض يبقى مسفوفاً باللفحات العنيفة من وقت لآخر ومن ثم يصبح الملاذ الآمن موجوداً فى الطبقات العميقة للصخور، ولأن هذا العمق فى الصخور يمثل بيئة جغرافية حارة، فإنها لا تستطيع أن تصبح بمثابة منزل إلا للميكروبات المتطرفة فى نزوعها للحرارة. وحتى الميكروبات التى تستطيع العيش فيما بين الحرارة والبرودة، فلا بد أنها كانت ستلقى حتفها فى هذه المواقع. ومن ثم لا يدهشنا إذن أن السلف العالمى كان متطرفاً فى نزوعه للحرارة، وتلك كانت هى الكائنات الوحيدة التى تقبع فى مناطقها المريحة، بعيداً عن حرارة النبضات الناجمة عن التصادمات الكونية. ولا بد أن أى ميكروب على السطح محب للبرودة والتى واصلت بعد محبى الحرارة قد تم شواؤه عبر التصادمات ولا بد أن فروعها المميزة فى شجرة الحياة قد قُطعت فجأة. وإذا كان هذا السيناريو صحيحاً، فإن وضع الميكروب المتطرف فى نزوعه للحرارة بالقرب من قاعدة الحياة لا يشير بالضرورة إلى أن الحياة بدأت فى العمق والحرارة أو الأجواء الحارة. وإنما يعنى أن الحياة قد اختارت درجات حرارة خانقة وكعنق الزجاجاة تسببت فيها نيران النيازك. والمؤشر على المراحل الباكرة من الحياة جاء من اكتشاف الباكثيريا ذاتية التغذية التى تستطيع أن تؤلف أو تنشئ بيئة عضوية فى الحُفَر أو الجيوب الأرضية، مستخدمة ليس فقط ثنائى أكسيد الكربون، وإنما أيضاً باستخدام عناصر معقدة عضوياً مثل الأحماض الخليّة

(*) هو طائر خرافى زعمت الحضارات القديمة، ومنها الفرعونية والإغريقية والصينيون، أنه يُعمر لأكثر من خمسة قرون، وسماه الآشوريون «العنقاء»، وأنه يعيش على العطور والعنبر، وعندما يبلغ ذلك العمر يبنى عُشاً له فوق أعلى شجرة مكوناً فيه العنبر والمرو الطيب واللبان، ليلفظ أنفاسه الأخيرة بينها بعد إشعال النيران فى العش ومن بين رماد هذا الطائر يولد طائر عنقاء جديد أكثر قوة وجمالاً، وبمجرد اشتداد عوده يهجر موطن ميلاده، متجهاً إلى «مدينة الشمس»، ليعيش فيها حتى يبلغ نفس العمر، وهلمجرأ، وقد اتخذ القدماء رمزاً لتجدد الحياة. (المترجم).

acetic acid، والعضويات التى تفعل ذلك تمت تسميتها بالنوع المختلط **mixotrophs**، وهى إما تستخدم الضوء كمصدر للطاقة مثل حالة الباكترىا الكبريتية الخضراء، وإما تستخدم تفاعلات كيميائية مثل أكسدة الكبريت أو الهيدروجين. ولو أن سطح الأرض البدائية كان مغطى بعناصر عضوية واردة مع التصادمات الكونية، فقد كان هذا يعتبر إمدادا جاهزا من المواد الخام، بل ربما كان أول ساكن عضوى للسطح من هذا النوع المختلط. وبالطبع، ومن خلال نفس نوعية الحديث، ربما بدأت الحياة فى المذنبات ذاتها، وهى فكرة سوف أعود إليها فى الفصل التاسع.

ولو أننا لا نستطيع أن نحدد أين بدأت الحياة على الإطلاق. فإنه يبدو، وبشكل منتشر، أنه بعد أن توقفت التصادمات أو الوايل من الضربات الناجم عنها فقد ضاقت الأماكن بالحياة فوق أو تحت قاع البحر سواء بالقرب من فوهات البراكين أو داخل الحواف المتطرفة الحرارة. وبعد أن استقر المقام بالحياة فى مثل هذه الأماكن، فقد صار الباب مفتوحا للتكاثر والتنوع. ولو أن التالى بعد ذلك هو نوع من التخمين بصفة رئيسية، فأنا أعتقد أن القصة التالية سوف تكون على هذا النحو. الميكروبات الباكرة كانت متطرفة فى نزوعها للحرارة، ودرجة الحرارة المناسبة لها كانت بين ١٠٠ إلى ١٥٠، وسكنت على بعد كيلومتر على الأقل تحت السطح، وربما فوق قاع البحر، ولكن الأقرب للواقع أنها سكنت فى فجوات الصخور القابلة لنفاذ الماء إليها تحت القاع. ولتغمرها المياه المتزايدة الحرارة بشدة والمتخمة بالمعادن، وهناك تغذت بنهم، واستطاعت بمرور الأيام هضم الحديد والكبريت والهيدروجين وأى عناصر جاهزة ومتاحة، مطلقة للطاقة فى نواتر كيميائية بدائية وأيضا غير كفؤة. لقد كانت نوعا من أكلة الصخور البسيطة والفجة. وهناك لم يلعب أى من الضوء أو الأكسجين دورا على الإطلاق فى عملية تمثيلهم الغذائى ولا احتاجت حتى لمواد عضوية، لقد عملت مباشرة فيما تحتاج إليه عبر الصخور وعبر ثانى أكسيد الكربون المذاب فى الماء.

لقد وجدت أول مستعمرة عضوية عالمًا كاملاً عند أطراف أصابعها وقدرًا وافراً من مدد المواد والطاقة. وكان عليها أن تنتشر فتتكاثر بسرعة مذهشة. وكان الانفجار التكاثرى يضمن قدرتها على الغزو السريع لكل تجويف صخري ممكن. فى عدم وجود مقيمين منافسين، يمكن أن يرثوا الأرض كلها وبسرعة. ومع الانفجار العددي ذاك فإن المستعمرة، سرعان ما تصل إلى حدود طاقتها القصوى على الاستيعاب وبدلاً من أن تواصل الزحف إلى الأسفل، حيث تزيد درجات الحرارة على قدرتها على التحمل، وبمعرفة عدم قدرتها على التكاثر فى المواقع الباردة، فإنه من المتوقع أنها تواصل الانتشار على نحو أفقى عند سلسلة براكين منتصف المحيط، وفيما بعد خلال قاع المحيط البازلتى.

وفى مرحلة ما، ربما قبل ٣,٨ بليون سنة، كانت أول مرحلة تفرع أو تنوع لهذه الميكروبات، وعندما تجد مجموعة من الميكروبات إنها فجأة قد قطعت عن ملاذها الحسن البناء والقادر على مواجهة العواصف، بسبب من ارتفاعات جيولوجية فى قشرة الأرض تتجم عن الزلازل مثلاً أو هياج لأحد البراكين. وعليه تصبح معزولة عن المستعمرة الرئيسية ومدفوعة إلى منطقة أبرد مما كانت فيه، فإن معظم هذه الميكروبات تصبح ساكنة أو هامة أو ببساطة تكون ميتة. وتقسو أغشيتها إزاء هذه الدرجة المنخفضة من الحرارة حتى تسمح بأن يقوم تمثيلها الغذائى بوظيفته. ومع ذلك فإن الباقي المحفوظ منها، والذي يتصادف أن له أغشية أكثر مرونة، يتمكن من المقاومة للبقاء والتكاثر. بإتمام الانتقال لظروف أكثر برودة، فإن الميكروبات المتبقية تكون قد مهدت الطريق لاستخدام سطح الأرض غير المسكون. وفى غضون ذلك وبالنسبة لسكان المستعمرة الأصلية المرتاحين بموقعهم أو عالمهم التحت أرضى، فإن الحياة استمرت على المنوال نفسه حتى الوقت الحالى.

ويتمثل المفتاح الباكر للتنمية فى التحول من بعض العضويات بين الكيميائيات إلى الضوء كمصدر للطاقة والتي لا بد أن الحياة انتشرت معها على

السطح. وأول هذه الميكروبات ذات التمثيل الضوئي ربما لم تستخدم التركيبات الكلوروفيلية الحديثة (اليخضور: المادة الخضراء في النبات)، وإنما استخدمت بعض العمليات الأولية البسيطة، حيث لا تزال بعض أنواع الأرشيا في البحر الميت تستخدم شكلاً يميل للبدائية من التمثيل الضوئي، يقوم على مادة حمراء لها صلة بفيتامين (أ) أو التي تقوم باصطياد ضوء الشمس، وهي بذلك تقدم دليلاً على أن الباكثيريا قد تكتشف طريقاً لاقتلاع الإلكترونات من المعادن، دون أن تدفعها الفوتونات الشمسية، ثم تخرن الطاقة لصنع المواد العضوية. وعندما تحسن الوضع فيما بعد، تحررت من اعتمادها على المعادن، واستطاعت أن تستخرج الإلكترونات من المياه المحملة بالأكسجين كنتيجة تبعية. واللاعب الحاسم في هذه العملية العبقريّة هو الكلوروفيل، وهو الجواهر الذي يجعل النباتات خضراء. وبما أن الماء هو الذي أصبح مطلوباً مع ثنائي أكسيد الكربون والضوء، أصبح الباب مفتوحاً لاختضار الكوكب.

والذي يظل من دون إجابة هو سؤال أين وكيف ظهرت الأنواع الثلاثة: الأرشيا والباكثيريا والإيكاريا؟ والذي يبدو محتملاً أن عملية التقسيم الكبرى في الحياة من الأرشيا والباكثيريا قد وقعت مثل اختراع التمثيل الضوئي، وربما باكراً إلى حد ٣,٩ إلى ٤,٠ بلايين سنة ماضية، في وسط منطقة وابل الضربات الثقيلة. والأدلة تشير إلى أن الأرشيا هي أقدم وأكثر العضويات بدائية، وإلى أن الباكثيريا ظهرت على نحو متأخر ما. وإلى أي مدى يكون مفتاح الأمر عميقاً بين الأرشيا والباكثيريا، إلى الحد أنهما أبداً لم يتنافسا حقيقة، إنهما لا يزالان يحتلان تجويفات أرضية مختلفة منذ عدة بلايين من السنين والتطور. وفي النهاية فإن الصدع الصخري الذي أفرز نوع الإيكاريا، ربما حدث عندما أصبحت الظروف أبرد على نحو ما. ولسبب ما، ربما لأنها أصبحت معرضة لمخاطر تحديات بيئة أقل استقراراً، فإن الإيكاريا المتقبلة للحرارة الأقل، ظهرت على مستوى أكثر سرعة. وازدهار الحياة الناجم عن ذلك، وتنوعها إلى أصناف عديدة، والتعقيد الشديد في

الحياة البيولوجية تبرعت سرياً بعيداً عن الإيكاريا على فروع شجرة الحياة. ومن دون هذه الخطوة الخطيرة والمهمة، فإننا لم نكن نحن أو أى نوع له معنى فى الحياة ليعيش أو يوجد فوق الأرض الآن والتأمل فيما تعنيه ككل.

الهوامش

- (١) **C.D. Parker** "The Corrosion of Concrete" لـ: س.د. باركر " (Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science 23, 81 and 91 (1945)). وللمراجعة العامة بشأن الحشرات العملاقة، انظر الميكروبات الميالة للإفراط في الحجم " لـ: ميشيل ماديغان **"Michael Madigan"** وباري مارس **"Barry Marrs"** (Scientific American 276, No. 4, 66 (1997)) والبحوث الخارجية عن الحياة **"The Outer Reaches of Life"** لـ: جون بوستجيت **"John Postgate"** (Cambridge University Press, Cambridge 1996).
- (٢) للمراجعة الحديثة بشأن الحشرات الميالة للإفراط في الحجم انظر: الحياة فى البيئات ذات الطابع المتطرف **"Life in Extreme Environments"** لـ: لين روتشيلد **"Lynn Rothschild"** وروكو مانسينيلي **"Rocco Mancinelli"** (Nature 409, 22 February 2001, 1092).
- (٣) معبد الطبيعة **"The Temple of Nature"** لـ: إراسموس دارون **"Erasmus Darwin"**. (J. Johnson, London 1973).
- (٤) انظر: تطور النظم البيئية المتطرفة الحرارة فى الأرض (وعلى المريخ؟) والذى أشرف على تحريره جريجورى بوك **"Gregory Bock"** وجامى جود **"Jamie Goode"** (Wiley, New York 1996, p. 37).
- (٥) قد لا تكون فعليا حالكة للظلام تماما، إذ ربما يكون هناك توهج غريب أو خفى حول الفتحات يرجع إلى عمليات غير مفهومة، وبعض العلماء حدسوا أن التمثيل الضوئى ربما بدأ هناك

عند الضوء التحت بحرى الخافت أكثر من بدنه فى ضوء الشمس. انظر: الضوء فى أعماق البحر "The Light at the bottom of the sea" لـ: روث فلاناجان " Ruth Flanagan". (New Scientist, 13 December 1997, p. 42)

(٦) تعتمد معظم العضويات التى تحيا بالقرب من المداخل السوداء على ضوء الشمس بشكل غير مباشر، إما باستخدام الأكسجين الذائب (منتج ثانوى لعملية التركيب الضوئى) أو بالتهام الفضلات العضوية التى تتحدّر إليها من السطح. ومنذ ثلاثين سنة مضت كتب البيولوجى جورج والد "George Wald": «ربما يعد من قبيل الاختبار النكى والمثير، عندما تتخيل الطرق التى تسلكها الحياة للظهور وأن للظهور سوف يحافظ على ذاته وذلك فوق كوكب مظلم، ولكننى أشك فى أن هذا قد حدث على الإطلاق، أو أنه حدث» انظر: الحياة والضوء "Life and Light". (Scientific American, 201, No. 4, 92 (1959)) ومع ذلك كان والد مخطئاً فى مقولاته. فقد تم التعرف على الحشرات المعتمدة على المصادر الكيماوية Chemotrophs والمستقلة تماماً عن حياة السطح.

(٧) المجال الحيوى العميق والحرار "The deep hot biosphere" لـ: ت. جولد "T. Gold".

(Proceedings of National Academy of Science USA 89, 6045 (1992)).

(٨) فى العام ١٩٥٥ اكتشف البيولوجيون البحريون باكتيريا فى رسوبيات قاع الباسفيك (المحيط الهادئ). واعتماداً على تحاليلهم أعلنوا بثقة نظرية متحذقة بأن مجال العمق ينتهى بالتحديد بعد ٧,٤٧ متر تحت البحر! انظر: وجود الباكثيريا فى الرسوبيات الأوقيانوسية التى تم جمعها خلالها مهمة وسط المحيط الهادئ "Occurrence of Bacteria in Pelagic Sidiments collected during the Mid-Pacific Expedition" لـ: ل.واى. موريتا "R.Y. Morita" و س.إي. نوبل "C.E. Zobell".

(Deep-Sea Research 3, 26-73 (1955)).

(٩) أوجه النشأة المعدنية والنظم العضوية الميكروبية فى منطقة البحر الأحمر بالمملكة العربية

السعودية ' Aspects of metallogenesis and Microorganism in the Red Sea
"Rigion of Saudi Arabia

لـ: للريد هاميلتون "Lloyed Hamilton". (PhD Thesis, University of London
(1973) د. أو. إى تسعى لأصل باكتيريا الأعماق " D.O.E. Seeks Origin of deep
"Subsurface bacteria" لـ: ح.ب. ماك كينلى "J.P. McKinely" وآخر (EOS,
Trans. Am. Geophys. Union 75, 385, 1994).

(١٠) انظر التذييل رقم ٧.

(١١) د. أو. إى تسعى لأصل باكتيريا الأعماق D.O.E. Seeks orgin of deep
subsurface bacteria لـ: جى. ب. ماك كينلى J.P. McKinley وآخر (EOS,
.trans Am. Geophys 75, 385 (1994))

(١٢) فكرة استغلال الميكروبات للمساعدة فى استخراج الزيت (البترول الخام) نوقشت لأول مرة
بمعرفة مجموعة من العلماء فى أستراليا عام ١٩٨٣، إلا أن اقتراحهم صادف أذانا صماء.
وفى هذا تجد بحثاً منشوراً بعنوان: البيولوجية الماكروية تُعزّز استعادة الزيت
"Microbiologically enhanced oil recovery" لـ: ب. بويلا «B. Bubela» و
بل. ستارك «P.L. Stark» وم. كورنر "Bass Becking" (M. Kords",
Geobiological Laboratory Annual Report, Canberra 1983, p. 53).
ومؤخراً جداً عمدت بعض المؤسسات التجارية إلى البدء فى توجيه إنتباهها واهتمامها الحاد
إلى المصادر الحيوية المفتوحة والقابعة تحت سطح الأرض. وبالإضافة إلى التحسينات فى
قطاع الزيت والغاز، فسوف نرى قريباً براعم صناعة جديدة تسمى «معالجات البيولوجيا»
Bioremediation سوف تقوم بتنظيف الأراضى والمياه الملوثة من خلال استخدام
الميكروبات المعدلة. وعليه سيتسنى توفير ملايين الدولارات التى يجرى إنفاقها، من خلال
جعل الحشرات العملاقة تقوم بالعمل، والتى ستلتهم الكيماويات السامة فى المناطق العميقة
وتلك المتعذر بلوغها. كما أن ثمة آمالاً وأعدة كبيرة فى التعرف واستثمار إنزيمات فريدة

وعناصر جزيئية أخرى تحتفظ لديها بمثل هذه القدرات النفيسة المدهشة، وبالفعل فإن «معهد السرطان الأمريكي الوطنى» "US National Cancer Institute" قد حقق عزلاً لأكثر من ٥٠٠٠ نوعية من عضويات تحت السطح خلال بحثه عن مضادات السرطان ولقاحات مرض الإيدز "AIDS".

(١٣) ميكروبات الأعماق تعنى الهجوم الضارى على الصخور "Deep-living microbes mount a relentless attack on rock": تيم أبينزيلير "Tim Appenzeller". (Science 258, 222 (1992)).

(١٤) المجال البيولوجى لبكتيريا الأعماق فى رسوبيات المحيط الهادئ "Deep bacterial biosphere in Pacific Ocean Sediments": د.ج. باركز "R.J. Parkes". وآخر (Nature 371, 410 (1994)).

(١٥) الحياة فى درجات الحرارة المرتفعة من دون تكوينات ضوئية كنموذج للمريخ "High Temperature life without Photosynthesis as a model for Mars": إيفريت شوك "Everett Shock".

(Journal of Geophysical Research- Planets, 102, 23687 (1997)).

(١٦) الاقتباس السابق.

(١٧) وبشكل أكثر دقة فإن الميكروبات الميالة لدرجات الحرارة المرتفعة قد نشأت بدرجة بطيئة بالمقارنة مع ميكروبات الحرارة المنخفضة. ولأن معظم «الأرشيا» هى من عاشقى الحرارة، ومحبى الحرارة المتطرفة فى ارتفاعها فهى ككل تميل للتباطؤ فى النشوء عن الباكثيريا. ومع ذلك فثمة بعض عاشقات التطرف الحرارى من الباكثيريا مثل تلك القابعة فى الصخور المغمورة بالمياه "Aquifex" والتى نشأت فى حالة من التباطؤ بينما بعض آخر من الأرشيا التى تميل للعيش وسط غيرها mesophilic قد عانت من بعض التغيرات التطورية التى جرت عليها. وأنا مدين بالفضل لـ: سوزان بارنز "Susan Barns" التى لفتت انتباهى لذلك.

(١٨) انظر تطور النظم البيئية فاتقة الحرارة على الأرض (والمريخ؟) "Evolution of "Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars?) والذي أشرف على تحريره كل من جريجورى بوك "Gregory Bock" وجامى جود "Jamie Goode".

(Wiley & Sons Ltd., New York 1996, Chapters 1, 2).

(١٩) الينابيع الحرارية تحت سطح بحرية على الصخور المتصدعة فى جالا باجوس "Submarine thermal springs on the Galapagos rift" لـ: ج.ب. كورليس "J.B. Corliss" وآخر.

(Science 203, 1073 (1979)).

(٢٠) انظر: جولد "Gold" فى التنبيل رقم ٦. وانظر أيضًا: المجال البيولوجى فى العمق التحت أرضى "The deep subterranean biosphere" لـ: كارستين بيدرسين "Carsten Pedersen".

(Earth Science Review 34, 243 (1993)).

(٢١) تطور أول دورات أيض (التمثيل الغذائى) "Evolution of the first Metabolic cycles" لـ: ج. فاخترهوزر "G. Wächterhäuser".

(Proceedings of the National Academy of Science USA 87, 200 (1990)).

(٢٢) النظام البيئى للميكروبات الميكروية الصخرية ذاتية التغذية فى الصخور المغمورة فى المياه بأعماق البازلت "Lithoautotrophic Microbial Ecosystems in deep basalt" لـ: تود ستيفنز "Todd Stevens" وجيمس ماك كينلى "James McKinley". (Sience 270, 450 (1995)) ولتقدير مبسط وميسور انظر: الميكروبات فى أعماق الأرض "Microbes deep inside the Earth" لـ: جيمس فريدركسون "James Fredrickson" وتوليس أونستوت "Tullis Onstott". (Scientific American 275 No. 4, 42 (1996)) واللكائنات الأرضية

"The Intraterrestrials" لـ: ستيفانى بين "Stephanie Pain". (New Scientist, 7 March 1998, p. 28) وكيف ستكون عليه الحياة لو كان المريخ وطنًا لها؟
"How Life Would be at Home on Mars" لـ: لارى أوهانلون "Larry O'Hanlon". (New Scientist, 28 October, 1995, p. 19).

(٢٣) انظر: الهيدروجين فى الصخور كمصدر للطاقة لتجمعات الميكروبات فى الأعماق
"Hydrogen in Rocks: as an energy source for deep microbial "Communities"
لـ: فريدمان فرويند "Friedmann Freund" و ج. توماس ديكينسون "J. Thomas Dickinson"
(Astrobiology 2, 83 'Michele Cash' وميشيل كاش (2002)).

(٢٤) وقد تفسر هذه النظرية وجود النوع الميكروبي هلالى الشكل والميَّال للملح التابع
لنوع الـ: «أرشيا» archaea، والذي يعيش فى ظروف شديدة الملوحة. وبعد
توقف وابل الصدمات الكوكبية ظلت الأرض تعاني من بعض الصدمات الكبيرة
نسبياً لدرجة إحداث غليان جزء من المحيطات وبما يصنع طبقات من الملوحة
المركزة والتي قد تكون مهلكة لأي عضويات ما لم تكن متسامحة مع الملح
والحرارة كليهما. ومع ذلك فإن الدليل لا يكرهنا على الاقتناع فى هذه الحالة
باعتبار أن معظم الباقي على قيد الحياة من هذا النوع من الميكروبات لا يبدو
واضحاً أنه ذو عمر طويل فى خط النسل.

الفصل الثامن

المريخ: هل يصطبغ باللون الأحمر ويموت؟

«إذا كان المريخ مسكوناً بنوع أو آخر من الكائنات، فإن ذلك مؤكد كما هو بالضبط، غير المؤكد ما يحتمل أن يكونوا عليه هؤلاء».

بارسفيل لويل ١٩٠٦

Parcival Lowell^(١).

في ٧ أغسطس ١٩٩٦ واجه الرئيس الأمريكي بيل كلينتون Bill Clinton الصحافة العالمية، معلناً بعبارات درامية أن هيئة ناسا NASA لديها دليل على وجود حياة على المريخ. وكان بذلك يشير إلى اكتشاف حجر نيزكي من المريخ في قارة أنتاركتيكا Antarctica يحتوى على ما يمكن اعتباره علامات عن الحياة. واستطرد في قوله، مبدئياً ملاحظة، مؤداها أنه إذا جاز لهذا الاكتشاف المذهل أن يصح، فإنه سيساعد في تنقية أو إعادة صياغة علاقة البشرية بالكون.

وإمكانية وجود حياة على المريخ تتميز بتاريخ طويل، وعلى مدى القرنين ١٧، ١٨ كان العلماء والفلاسفة وحتى رجال الدين يتبادلون الآراء بحرية حول سكان المريخ والزهرة والكائنات الفضائية الأخرى، ومع نهاية القرن الـ ١٩ أصبح الفلكيون متشككون فيما يتعلق بمشروعية الحياة على أى كواكب أخرى. ومع ذلك فقد قدم الفلكى الإيطالى جيوفانى شياپاريلى Giovanni Schiaparelli تقريراً عام ١٨٧٧ عن رؤيته لنموذج خطوط مستقيمة على سطح المريخ، مستخدماً في التعبير عن هذه الخطوط ووصفها اللفظة الإيطالية «قنوات» canali. وسرعان ما أمسك بالفكرة فى أمريكا كل من بارسفيل لويل Percival Lowell

وآخرون بدعوى أن قنوات شيباريللى هى من قبيل القنوات الاصطناعية بفعل سكان المريخ، حيث اعتقد لويل أن سكان المريخ، قد أقاموا هذه القنوات لرى الأراضى العطشى باستخدام المياه الذائبة من القطب الذى يعلوها من حيث الارتفاع. وأنشأ معملأ فى فلاجستاف **Flagstaff** بأريزونا **Arizona**، بهدف رسم خرائط لشبكة تلك القنوات. وقد يستتبع ذلك أن أيا من ساكنى المريخ يكون متسما بالذكاء قد يصيبه اليأس ويصبح مدفوعا لبناء نظام رى هائل على هذا النحو، هذا وفكرة الكوكب المحتضر، والعيون الحاسدة لساكن المريخ، فيما لو تمكن من رؤية عالمنا السعيد الأخضر، كان قد استحضرها بذكاء هـ.ج. ويلز **H.G. Wells** فى روايته الشهيرة: «حرب الكواكب» التى كانت قد نشرت عام ١٨٩٨.

قليل من الفلكيين هم الذين تماشوا مع فكرة لويل عن قيام سكان المريخ ببناء قنوات الرى تلك، لكن سرعان ما تلاشت الفكرة تحت وطأة الملاحظات الداحضة للعثور على الحياة فوق المريخ. ومع ذلك فقد بقى بعض العلماء مقتنعين بأن نوعا بدائيا من النبات، ربما نما هناك، ولو كان أحد أشكال «الأشنة» **lichen**، وأشاروا فى هذا إلى بعض المتغيرات اللونية الفصلية كدليل على ذلك. وحتى هذه الإمكانية تم هجرانها بحلول ما يعرف بعصر الفضاء، فقد أرسلت المسابر إلى هناك، والتى لم تعثر على أى علامات للحياة، دع عنك عدم العثور على أى قنوات.

وفى عام ١٩٧٧ وضعت هيئة ناسا الأمر على محك الاختبار المباشر فى النهاية من خلال هبوط مركبتى فضاء باسم فايكنج **Viking** على سطح المريخ، وهما المركبتان المصممتان خصيصا للبحث عن الحياة هناك. وعن هذه المرحلة فقد كانت قلة من الناس هم الذين يأملون فى العثور، عما يزيد على الميكروبات فى تربة المريخ. وكانت المعلومات العائدة من مركبتى الفضاء قد أكدت الجانب المتشكك من رأى، حيث فشلت اختبارات التربة فى العثور على أى دليل مقنع على وجود الميكروبات المريخية. وعلى عكس ما تمناه الكثيرون فقد أعلن عن المريخ، ككوكب قد وافته المنية.

وبعد عشرين سنة من رحلة مركبتى الفضاء، واستبعاد فكرة الحياة على المريخ، باعتبارها مجرد خيال علمي. أصبحت المكتشفات الجديدة باعثة للدهشة، ليس فقط فوق المريخ، ولكن هنا وعلى الأرض أيضاً. وهى المكتشفات التى صبغت الأمر بمزيد من التعقيد. ويظهر أن العلماء الآن قد أصبحوا، ولو قليلاً، متعجلين للكتابة عن المريخ كمقر للحياة.

مكان سبيل لقضاء إجازة:

ومن حيث النظر إلى المريخ فإن له مشهديات ملحوظة، فهو يلمع أو يتلألأ فى سماء الليل فى تدرج لوني أحمر، وهو المشهد الذى نُسبب فى تسميته مارس Mars على اسم إله الحرب عند اليونان. كما كشفت التليسكوبات عن وجود قبعتين قطبيتين، وأن قطعاً كبيرة من شكله تميل إلى قتامة اللون. وبين الحين والآخر، قُتمة عواصف ترابية تغطي الكوكب كله. وتظهر الصور المقربة - عبر مركبات الفضاء - سطحاً تنتشر فوقه فوهات بركانية وحفر، كما تنتشر حَبَّات الفلفل فوق قرص البيض مثلاً، وتتخلله شقوق، عبارة عن أودية ضخمة وأخرى من النوع الضيق المتحدر الجوانب. وعلى أرض الكوكب، قُتمة مناطق تشبه أكثر الأجزاء انعزالاً فى الصحراء الأسترالية: حيث تتكور وتنتثر جلاميد الصخر بسبب من العوامل الجوية، وتتحول الرمال الدقيقة الحجم إلى كتبان رملية. وعلى الجملة فإن المشهد كله تغمره ضياء شمسية غير مركزة وضعيفة تحت سماء برتقالية اللون.

ومن وجهة نظر الحياة، فإن المريخ يقدم لنا كل الفرص المفهومة، بما لا يسمح بالحياة. فدرجة الحرارة على الدوام تحت نقطة التجمد، ويمكن أن تصل إلى - ١٤٠ درجة مئوية، ويشتمل المناخ العام بصفة رئيسية على ثانى أكسيد الكربون، ومجرد آثار قليلة للأكسجين والهيدروجين، بما يمثل مناخاً رقيقاً ومتفرقاً، وجديراً بالرتاء. وضغط جو المريخ ٧,٥ ميلي بار لا يزيد على ما هو عليه فى

كوكب الأرض بارتفاع ٣٥٠٠٠ متر، الذى نعتبره حدوداً للفضاء. كما أنه ليست هناك طبقة أوزون للحماية، وعليه فإن السطح يعاني من الأشعة فوق البنفسجية المميتة القادمة من الشمس. وتتآكل التربة وتتحات تحت وطأة التأكسد وتصل من الجفاف ما يجعل ببداء الصحراء الكبرى، تبدو بالنسبة إليها وكأنها أرض سبخة أو مستنقع. وفي الواقع لو أن كل محتوى المناخ المريخي من الأبخرة المائية قد تم تخزينه فى كوكب الأرض، فلسوف يغمر أو يخدم بوضوح الشمس ذاتها. والجفاف يجعل العواصف الرملية مخيفة بالفعل. حيث عندما تهب الرياح فإنها تصل أحياناً لسرعة ٦٥٠ كيلومتراً فى الساعة، وبالتالي يمكن أن ترتفع الأتربة إلى ٥٠ كيلومتراً. وعلى الجملة فإنه لا يتسنى اعتبار المريخ كمكان جيد أو لطيف يمكن الحياة عليه.

ويرجع السبب الجذرى وراء ظروف الكوكب غير المتجانسة إلى حجمه الصغير. إذ تبلغ كتلته نصف كتلة الأرض، وجاذبية سطحه البالغة ٣٨٪ فى حدودها القصوى، وكنتيجة لذلك فإن معظم مناخه يتسرب بعيداً فى الفضاء، كما أن الضغط المنخفض يمنع المياه السائلة من التواجد على سطح الكوكب، حتى عند نقطة التجمد. حاول أن تصب فنجاناً من الشاي على سطح المريخ، وسوف تجده يتبخّر على الفور. والمناخ الراهن المتخلخل يعنى أن تأثير الصوبة الحرارية يكون ضعيفاً. كما تتفاقم خطورة الجو البارد، بسبب بعد الكوكب عن الشمس، والذى يصل تقريباً إلى ٢٢٨ مليون كيلومتر، أى أنه يبعد عنها بحوالى ما يعادل ٥٠٪ أكثر من بعد الأرض عن الشمس.

هذا وربما تظن أن البحث عن الحياة على مثل هذا الكوكب المعادى للحياة والسالب لقدرتها، هو مجرد مضيعة كاملة للوقت. ومع ذلك فإنه فى أواخر سبعينيات القرن الماضى، عندما خطط العلماء لمهمة المسبار فايكنج Viking، فقد كانوا يعلمون أن بعض أنواع الباكثيريا يمكن أن تقاوم البرد، كما فى مثل مناخ القطب الجنوبي Antarctica، ولهذا فقد نصحوها بنوع من التجارب التى ستجرى

عند هبوط المركبة تهدف للسعى إلى حياة ميكروبية فى التربة المريخية. ولذا فقد كانت الأذرع الروبوتية المتصلة بالمركبة الفضائية، مُعدّة لأن تصل للتربة وتحتفظ بقليل من الأوساخ بها وتعيدها إلى معامل مصغرة فى المركبة لتقوم هذه الأخيرة بتحليلها.

ولقد كانت الحصىلة هى ثلاث تجارب على كل واحدة من مركبتى المهمة. والأولى كانت مسماة «تجربة تغيرات الغاز»، والتي اشتملت على صب «حساء» مغذٍ على عينات التربة وتقصى انبعاث أى غازات. وقبل إضافة المغذيات كانت العينات قد تحولت إلى بخار ماء. ولدهشة العلماء، فإن هذه الخطوة المبدئية كانت تعنى استجابة نشطة وقوية مع كميات وافرة من الأكسجين الذى صدر عنها، ومعه بعض النيتروجين وثانى أكسيد الكربون، وأيضاً تشابهت النتائج مع التربة المعرضة للشمس والمختفية خلف الصخور. وعندما سبق تسخين التربة إلى حد ١٤٥ درجة مئوية، والكافية لقتل أى ميكروبات أرضية معروفة، فقد بدا أن الأكسجين المنبعث قد تأثر بذلك. ومع ذلك فثمة شكوك أحاطت بإمكانية الاعتماد أو الوثوق فى هذه النتيجة. وعندما أضيف السائل المغذى فى النهاية، فقد كانت ثمة تغييرات معقدة غازية قد جرت، ولكن من دون نموذج انتظامى يمكن حسمه. وبالتأكيد لم تتصرف التربة المريخية على النحو المألوف فى التربة الأرضية. وبذلك أصبحت مهمة العلماء على درجة من الإرباك، حيث انتهوا إلى أن سطح المريخ لا بد أنه يحتوى على فعالية كيميائية عالية لدرجة أن إضافة الماء لها تأثير يجعل التربة تقور. وبالتالي فليست هناك حاجة لميكروبات تشرح لنا ما الذى يجرى، ولو أنه لكى نكون منصفين، فإن تجربة تغيرات الغاز لم تحسم الأمر بدورها. وفى أحسن الأحوال لا يمكن القول بأن النتائج فى جملتها كانت غامضة وملتبسة.

أما التجربة الثانية على القائمة فقد كانت تلك المسماة تجربة إطلاق «المعرفات» **labeled release**، وبدورها شملت صب أو إضافة سائل فيما يشبه

«الحساء» أو المخلوط للتربة، ولكنه نوع مختلف من الخليط. وبشكل حاسم فقد احتوى على كربون مخصب نشط إشعاعياً، والغازات المنبعثة من المقصود أن يُعتبر تعرضها لدرجات من النشاط الإشعاعي، حيث كان المفترض أن أى عضويات مريخية تتعامل مع الكربون وتطلق ثانى أكسيد الكربون، سوف تولد غازاً نشطاً إشعاعياً، يمكن الكشف عنه بحساسية فائقة. وقد أعطت هذه التجربة نتيجة إيجابية. والأكثر من ذلك أنه عندما تم تسخين التربة بدرجة قوية تحولت النتيجة لتصبح سلبية، تماماً كما كان متوقعاً لو أن الميكروبات كانت فى حالة عمل.

وفى التجربة الثالثة، والتى تمثلت فى عكس التجربة السالفة، فقد تم تعريض التربة لمناخ ثانى أكسيد الكربون المشع، مع إضافة مصدر لضوء قوى يماثل ضوء الشمس. وكان الغرض هو اكتشاف: هل سحبت العضويات المريخية أى كربون كجزء من عملية نموها، على نفس المنوال الذى تستخدم فيه المزروعات الأرضية ثانى أكسيد الكربون. وهذه بدورها أعطت نتيجة إيجابية فى مختلف مجرياتها. حيث إن تسخين التربة حتى درجة ١٧٠° مئوية، قد سبب نقصاً فى الاستجابة، ولكنه لم يبلغها نهائياً.

وباعتبار قيمة الأمر من ناحية أن التجارب الثلاث يمكن النظر إليها، باعتبارها تقدم على نحو ما على طريق الدليل على الحياة الميكروبية فى تربة المريخ. ولو أن علماء ناسا، كانوا بالكاد مجمعين على عكس هذه النتيجة. لقد كان سلوك عينات التربة معقداً بدرجة كافية، وغير متوقع من حيث الإمساك مباشرة بأى تفكير أو تأمل بيولوجى، وعليه كان رأى يميل بدرجة أكبر نحو أن التربة غير العادية، والتى ربما تحوى نوعاً من الأكسدة الشديدة، هى السبب فى ذلك - وكانت هذه النتيجة مدعومة بحقيقة أن مهمة مركبتى الفضاء فايكنج لم تعثر على أى أثر للعضوية فى تربة المريخ الغربية، لأنه حتى ولو لم توجد حياة على سطح المريخ، فلا بد أن بعض المواد العضوية كانت قد وفدت إليه من الفضاء. ويبدو أن

هذا التفسير لم يكن صحيحًا مع حقيقة وجود الإشعاع العنيف للأشعة فوق البنفسجية والتربة المتأكسدة، اللتين من شأنهما أن تُحطّم أو تُمزّق أى جزيئات عضوية قد تتناثر فوق السطح.

وبأخذ النتيجةين معًا فإن تجارب المركبات الفضائية لم تتوصل إلى رأى قاطع فى وجود حياة، على المريخ، هذا والرأى الرسمى للمهمة: أن المريخ هو كوكب من دون حياة، وعلينا بالرغم من ذلك، أن نتذكر دومًا القول المأثور الذى يفيد بأن غياب الدليل ليس دليلًا على الغياب. حيث ثمة أسباب عديدة لاحتمال فشل المهمة فى تعقب أثر للحياة فوق المريخ، وكيف يختلف هذا عن القول بوضوح إنه لا يوجد أى أثر؟

ربما تكون التجارب قد اختبرت النوع الخطأ من الحياة. فلقد كانت مصممة على الاستجابة للعضويات الأرضية. حيث من المحتمل أن تكون الحياة المريخية قائمة على نوع مختلف من الكيمياء الحيوية، أو على نوع مختلف من درجات الحرارة. وربما كانت الظروف المحيطة بالمعمل المصغر على أى من المركبتين الفضائيتين، مريحة بالنسبة للميكروبات الأرضية، بينما تكون مهلكة بالنسبة للميكروبات المريخية.

- ربما لم تكن التجارب حساسة بدرجة كافية لرصد الحياة العضوية فى تربة المريخ، التى قد تكون منخفضة الكثافة نسبيًا (باعتبار أن الكثير البالغ مليون ميكروب فى الجرام، قد لا يكون ملحوظًا).
- التربة الفوقية لسطح المريخ عقيمة أو غير مثمرة، ولكن يبقى أن الحياة قد توجد فى الأعماق بين شقوق الصخور، التى قد توفر لها الحياة من الظروف القاسية غير السائغة.
- قد تكون التجارب مناسبة، ولكنها لم تصادف المواقع المناسب، إذ ربما تكون الحياة موجودة على سطح المريخ فى جيوب مفضلة لها ولكن تبعد كثيرًا أو قليلًا عن موقع هبوط المركبتين.

- قد توجد الحياة على المريخ ولكن ليس على سطحه. وربما يوائم سكان مناسبين تحت قطب المريخ الشبيه بقبة، أو في أعماق تقع أسفل السطح - وهي إمكانية سوف أعود إليها باختصار فيما بعد.

وحتى لو لم تؤخذ هذه الاعتبارات في الحسبان، فإن المريخ يمكنه أن يظل محل اهتمام رئيسي للبيولوجيين، وذلك لسبب بسيط: ذلك أن الكوكب الأحمر قد تبدو صورته جرداء قاحلة، ولكنه لم يكن دومًا أرضًا مجمدة مُضَيَّعة. وثمة أدلة وافرة عن أن المريخ في ماضيه البعيد كان دافئًا ورطبًا ومشابهًا للأرض. والأكثر من ذلك أنه كان ودود الضيافة للحياة. وسواء أكان أم لم يكن المريخ اليوم كوكبًا ميتًا، فثمة فرصة جيدة بأن الحياة قد ازدهرت هناك يومًا ما.

الفيضان:

من السهل عليك أن تقول إن المريخ كان يومًا، مناسبًا للحياة، وذلك بعد النظر إلى الصور التي التقطها ملاحو الفضاء ومسبارات المركبتين فايكنج. إذ ثمة ملمح يقفز فورًا من تلك الصور التي مسحت جوانب من الكوكب: أودية الأنهار. حيث توجد بين الجبال المعقدة التشابك فوق أرضه، مساحات رملية تقطعها وتلتف حولها، ومحفورة بعمق بين التلال الرملية المتناثرة، بداية من حواف الحفر وفوهات البراكين. ومن السهل ملاحظتها، واعتبار أن مياهها جارية هي التي حفرتها على هذا النحو. وهو ما يتكامل مع مسطحات أرضية متشجرة وأكثر من دلتا أنهار ومساحات أرضية غمرها الفيضان. ومجريات المياه هذه - إذا جازت لي الإضافة - لا تشبه قنوات لويل الشهيرة المستقيمة في أطوالها، بل على العكس هي تتفرع وتلتوى متعرجة مثل الأنهار على كوكب الأرض، ومن الصعب نكران طبيعية سماتها عما لو أنها اصطناعية الطابع.

ومن المؤسف ولا يبعث على الارتياح، أنه لا توجد بقايا قيعان أنهار قديمة: لقد جفت منذ أمد بعيد. ولكن يمكننا أن نكون على ثقة بأن هذه الأودية كانت بالتأكيد نهريّة، لأنها تحمل كل سمات الأنهار في الأرض مثل الطوفانات، وما يشبه جوانب التيارات المائية، والجزر التي تأخذ شكل دموع العيون، حيث يرتد الغرين أو الطمي ليتخزّن مع تدفق التيار. إذن لا يوجد شك أن المياه قد فاضت بحريّة فوق سطح المريخ في وقت ما. ولكن من أين جاءت؟ وأين ذهبت؟ هل هذه المجارى النهرية القديمة قد فاضت على هذا النحو، بسبب من الأمطار أو الثلوج الذائبة، أو كان مصدرها ينابيع تحت أرضه أو صخوراً مغمورة؟ هل تحولت هذه الأنهار إلى بحار وبرك ومحيطات، أو أنها انسابت ببساطة لتضيع وسط الرمال؟ وفوق كل ذلك إلى أى حد من القدم تشكلت تلك الأودية النهرية؟

لقد قضى العلماء سنوات في تأمل ومسح الصور لاستخلاص المعلومات عن كل دقيقة زمن تفصيلاً، في محاولة شجاعة للإجابة عن مثل هذه الأسئلة. وحتى من خلال بحث سريع أو خاطف، فسرعان ما بدا واضحاً أن كثيراً من القنوات الكبرى ليست في كثير من قيعان الأنهار كمساحات فيضانية تطوف مهتاجة كسيل جارف، متتبع الانطلاق الفجائي لكميات ضخمة من المياه. وهذا الشكل يمدنا بالمفتاح. هذا الفيضان الجائح العنيف هو النموذج الذي ينشئ قناة، تبدأ بشكل فجائي ضخمة الحجم وعميقة، وكل ذلك مع قليل من القنوات ذات الجوانب. والنهر بالمقارنة يبدأ هزياً وينمو حجمه شيئاً فشيئاً، وكذلك عمقه مع زيادة ما ينساب إليه من الروافد الجانبية.

ونحن حين نصل إلى المستوى الرقمي، فإن المقياس الذي يمكن أن تقاس به الفيضانات المريخية تصبح مذهلة وصاعقة. والقنوات تنتوع بين عدة عشرات من الكيلومترات عرضاً عبر الأراضي العالية إلى أحواض في الأراضي المتأكلة باتساع مئات الكيلومترات من الطرف إلى الطرف، وحيث تدفقت واشتد تيار المياه عبر مساحات السطح المفتوحة، وبالنسبة للمقدار الوافر من الفيضان عبر القنوات

الكبرى، فقد كان مستواها مذهباً وغير عادى، ويكاد يكون معادلاً لما يقدر بـ ١٠٠٠٠ مرة من مياه نهر الأمازون Amazon. وأكبر فيضان جائح وعنيف معروف على الأرض والذي غمر نهر كولومبيا بولاية واشنطن منذ ١٢٠٠٠ سنة مضت. فى تلك الفترة العَرَضِيَّة، فإن مقدار المياه التى تعادل بحيرة ميتشجان قد فاضت فى يومين اثنين فقط. والفيضانات المريخية كانت أكثر قوة وعنفًا عن ذلك بما يماثل ٣٠٠ مرة.

والسبب المباشر والفعلى لهذا الغمر الساحق بالمياه فوق المريخ لا يزال محل اختلاف. وهو بالتأكيد لا يرجع لحالة مَطَرِيَّة غزيرة. وما يبدو أنه حدث: أن أحجاماً كبيرة من المياه كانت حبيسة على نحو ما قد تحررت فجأة، فيما يشبه السوائل التى يحجزها سد تلجى ما وراءه، ثم ذاب هذا السد وانهار. وثمة إمكانية أخرى تتمثل فى انبثاق أو انفجار المياه الجوفية عبر جَمَد سرمدى كان يُحكم غلق الفتحات الموجودة على السطح، وذلك فى شكل نافورة ضخمة. ومثل هذا الهيجان أو الثوران يحدث عندما ينقب أو يخترق حجر نيزكى قشرة السطح، أو نوبان بركانى، أو ببساطة، عندما يقوم ضغط هيدروستاتيكي **hydrastatic**. هذا وليست كل مجارى المياه الجافة على المريخ كارثية الفيضان كقنوات مائية. ففي الأراضى الأقدم بالمرتفعات الجنوبية للمريخ هناك ملامح عديدة تشبه كثيراً النظم النهرية المألوفة، بما لها من أودية طويلة ضيقة وأخاديد رقيقة وتآكل بطيء للأرض. وقاعات هذه الأنهار يبلغ طولها بضع عشرات الكيلومترات، كما تصل إلى ثلاثة كيلومترات عرضاً، ولها شبكة من الروافد شبيهة بتلك، التى على كوكب الأرض وتختلف الآراء حول كيف تشكلت هذه الشبكة من الأودية. كما أن الصورة البسيطة للمطر أو الثلج - الذى ينتج ماءً، ينهمر من أعلى التلال ويحت ببطء وادياً هناك - لا تتواءم جيداً مع الحقائق. بالتأكيد هذا لا يمكن حدوثه الآن ببساطة، لأن الجداول الصغيرة، سرعان ما تتبخر أو تتجمد قبل أن تصب فى النهر الرئيسى. ولكن حتى لو تواءمت الظروف لوجود مياه سائلة، فإن أشكال الوديان لا تتطابق جيداً مع التحات أو التآكل البادى.

وثمة عملية تجرى على كوكب الأرض تتسبب في تشكيل الأودية، وهى تعرف بما تَمَدَّنَا به المياه الجوفية. وهى ما يمكن أن نراه على مستوى صغير على الشواطئ الرملية، عندما يطفح من الرمال ينبوع صغير من الماء أو حتى فقائيع مائية، وتفيض هذه المياه إلى البحر. وعندما تظهر هذه الحالة، فإن بعضاً من هذا التيار يعود أدراجه إلى الرمال، مقطّعاً ممراً عريضاً - نسبياً - فى قمة التيار، حيثما يذهب اتجاهه. وكثير من الأودية المريخية تبدو وكأنها تشكلت بهذه الطريقة.

ويعتقد ميشيل كار Michael Carr، من الهيئة الأمريكية للمسح الجيولوجي وأحد خبراء المياه المريخية، أن سوائل قليلة هى التى فاضت على سطح الكوكب، منشئة تلك الأودية، مشيراً للأرض المسطحة والجوانب الشاهقة، والتى تميل بنا إلى اعتبارها غائرة شديدة الانحدار. ويعتقد كار أن معظم المياه المتسربة تحت الأرض تغور فيها وتستقر تحتها، مسببة ثلثاً تدريجياً أو انخسافاً لها أو حتى نضيع هناك، بأكثر من جرياتها فوق السطح، محملة بالمواد. وبتأثير الطبيعة الزلّقة للتدفق الحادث فى الطبقة تحت السطحية يمكن أن تنزلق المواد والترسبات إلى أسفل التلال، منشئة أخدوداً مائياً حتى فى غياب تآكل السطح. وهو يعتقد أيضاً أنه بدلاً من سقوط أمطار بشكل دورى، فإن نوعاً من الجيوكيميااء الأرضية يُعوّى الاقتناع بأن ثمة دورة تعمل فى إعادة المياه للصخور المغمورة تحت الأرض. والصورة العامة للمياه فوق المريخ إذن، هى التشكل البطيء للأودية عن طريق تدفق مستقر فوق السطح أو فى التربة تحت السطحية، فضلاً عن الفرص المفاجئة للفيضانات المأساوية.

عندما كنت فى طور المرافقة، كنت مولعاً بالاستمتاع بالمناقشات التى أجريها مع اليهود المنتسبين لجماعة «شهود يهوه»^(*) Jehvah's Witnesses، حيث كان سؤالى الأثير لهم يتعلق بفيضان نوح (عليه السلام): أين ذهب كل تلك المياه؟

(*) فئة من اليهود تتلخص مهمتها فى الدعوة للدين اليهودي وشرح تعاليمه بشكل سلمى فى كل مكان وكل وقت فيما يمكن تشبيهه بالجماعة المملّمة التى تحمل اسم: التبليغ والدعوة. (المترجم).

ونستطيع إذن أن نوجه السؤال نفسه عن الفيضانات المريخية. والإجابة البسيطة السهلة ستكون: ذهبت داخل الأرض. ومثل كوكبي الأرض والقمر فقد عانى كوكب المريخ من القصف الكوني الكثيف خلال الـ ٧٠٠ مليون سنة الأولى من نشأته. وهذا الاضطراب العنيف حرك بقوة (يمكن استخدام تعبير «مخمض») باطن الأرض في هذه الكواكب، بما أخرج منها العديد من المواد، وبحيث تغطى سطح الكوكب كله بقطع كسر الحجارة غير المصقولة أو محددة الشكل، والتي تعرف باسم regolith (وهي الكتل المتبقية بعد إنجاز صهر المعادن). وحتى عمق يصل لعدة كيلومترات. ولأن كوكب المريخ أصغر من كوكب الأرض، فإنه ينقصه القلب المنصهر الكبير (كما في الأرض)، الذي يمكن أن يدفع النشاط التاكتوني tectonic (المتعلق بتشوّه أديم الأرض والأشكال الناشئة عن ذلك) ليأخذ مجراه، وعليه فإن هذا السطح المتشظى لم يُعدّ تشكّله على نحو كامل. وعليه بقيت هذه الشظايا المتخلفة عن القصف الكوني في شكل شبه إسفنجي، بحيث يحجز كميات ضخمة من السوائل. وهكذا بالرغم من حقيقة أن سطح المريخ الحالي يتميز بالجفاف البالغ، فإن المريخ قد يظل محتفظاً بمياه منتشرة في مجال واسع، ولكنها مخفية تحت السطح في شكل جلاميد على عمق عدة كيلومترات، كسوائل محصورة. والتقدير في هذا المجال متنوع، ولكن يبدو أن تلك المياه المحصورة لو تحررت ووُجّهت إلى السطح دفعة واحدة، فسوف تصنع محيطاً كوكبياً عريضاً بعمق يصل إلى كيلومتر واحد على الأقل.

ويعتقد مراقبو المريخ أن الكوكب الأحمر كان يتمتع، في أحد الأوقات، ببحار وبرك على الرغم من سطحه ذي الطبيعة الإسفنجية (أو التي تنفذ منه المياه). وتحدها آثار ترسبات للبحيرات طبقة فوق طبقة وثخينة القوام، وتوجد في أودية ضيقة وعميقة، بينما المظهر المنقط أو المرقش لبعض المساحات الأرضية المنخفضة في شمال الكوكب، ينحو بنا للميل إلى التفكير في هذا الوضع بشكل واسع. والأدلة على بحر كبير بدورها، تعتبر مسألة أكثر خلافية. ولكن تخوم أو

حدود محيط ممكن، يسهل تعقبها حول مساحات الأرض الشمالية هناك، حيث يتوقع فيضانات مائياً من القنوات التي نفتتها فوهات البراكين وحفر التصادمات الكونية فى الأرضى العليا فى الأيام الصافية أو معتدلة الجو. وخط الشاطئ المظنون يشتمل على منحدرات صخرية متآكلة، ومصاطب أشبه بتلك المحاذية للأنهار وأشكال قَرْنِيَّة مستدقة الأطراف. ربما يقترح إله الإقيانوس الملقب بـ: «بوراليس» **Oceanus Borealis** علينا، أن هذا المحيط المتصور، ربما كان يغطى ما مقداره ثلث الكوكب.

والذى يتتام مع الدليل على ذلك المحيط، هو وجود علامات قوية على أن نصف الكرة الجنوبي للكوكب قد خضع لعملية تجمد تلجى واسعة. واليوم يوجد فى المريخ قطب شمالي رفيع من المياه الثلجية، مخلوطاً بقطع تلجية جافّة (ثانى أكسيد كربون متجمد)، وقطب جنوبي حقيقى يسوده الثلج الجاف. ويتناقص هذا الثلج مع الفصول، حتى إن الطبقة الرفيعة تلك فى القطب الشمالى تخفى بالكامل، ولكن منذ مدة طويلة ماضية، فقد امتدت طبقة الماء المتلج من القطب الجنوبي إلى نطاق يصل إلى خط العرض ٣٣. ومصدر كل هذا الثلج ربما كان من تبخر الإقيانوس المشار إليه.

وعبر الدهور، فقد جف كوكب المريخ تدريجياً، بسبب تبخر المياه وضباب هذا البخار فى الفضاء نتيجة انخفاض جاذبية الكوكب. ومن المعروف عالمياً أن كمية من المياه معادلة لتلك وبعمق ٧٠ متراً، يمكن أن تخفى بهذه الطريقة. والأكثر خطورة من ذلك هو البرد، حيث تنخفض درجة الحرارة، فتصبح الظروف أكثر ملائمة للماء السائل، وتصبح معظم الأنهار المريخية، مندمجة مع الجلاميد دائمة التجمد. والبحيرات القديمة المتفرعة من البحار، ربما تكون فوقها طبقة عالية متجمدة وصلبة وتكون بقاياها لا تزال هناك، ومنعزلة تحت طبقات من الأتربة والصخور.

وبينما ينقسم للعلماء حول تفاصيل نشأة المياه على المريخ، إلا أنهم يوافقون على أن معظم الأنشطة الهيدروليكية (المتعلقة بحركة المياه)، قد وقعت منذ وقت

طويل جدًا في الماضي، وإذا كان هناك نهر رائق تلوى هنا أو هناك، أو محيط متلاطم، فربما قد جفا منذ على الأقل ٣,٥ بليون سنة مضت. ومع ذلك فإن تعاقب الجو أو المناخ لم يسر في طريق مستقيم ذى اتجاه واحد، إذ ربما أن الانخفاض البطيء قد زوّد المناخ بجو دافئ على فترات، بحيث تجرى المياه بحرية مرة أخرى، والدليل على ذلك أتى من حقيقة أن بعض الأودية المريخية قد تشكلت فى وقت متأخر تمامًا. وأيضًا بعض القنوات المتدفقة الكبيرة قد انقطعت عدة مرات، بما يشير إلى نتيجة التدفق الفيضاني على فترات. وكل هذا يشير إلى أن المريخ قد عاد، وربما باختصار أو بدرجات قليلة، إلى الدفء والرطوبة لأسباب ما. وحينئذ ربما كانت هناك دورات ثرية للمياه، عبر أرض المريخ فى ضوء تلك الظروف المناخية^(٢)، ولكن مع كل دورة للفيضانات وللتجلد اختفت مياه أكثر. ولو أن بعض الأنهار على المريخ، ربما قد جرت مؤخرًا منذ مئات الملايين من السنين، فقد كانت ضعيفة بالمقارنة مع الفيضانات القديمة، وربما لذلك كان لها أثر ضئيل على المناخ المريخي.

أثر الدفينة^(*) المريخية:

الأنهار المريخية تعطينا دليلًا واضح المعالم على أن الكوكب كان فى وقت ما، أكثر دفئًا وترطيبًا. ولكن كيف كان ذلك ممكنًا؟ للوهلة الأولى ثمة سبب جيد للاعتقاد بأن المريخ كان فى الماضى أكثر برودة، مما هو عليه الآن، وهذا له علاقة بما يسمى بمشكلة الشمس الوليدة المعتمدة. باعتبار أن الشمس مرت بمراحل نمو، لتصبح على نحو ما هى عليه الآن، أى أكثر بريقًا مما كانت، بسبب تغيرات كيميائية جرت فيها. فمُنذ أربعة بلايين سنة، كانت أقل من بريقها الحالى بما يعادل

(*) فى الأصل هو البيت الزجاجى المخصص لزراعة النباتات الرُّخصة أو لوقايتها، ولكن يقصد بها على نحو عام كل البيئات التى تحيط (بـن طريق حفظ درجة الحرارة) وتحمى ما فيها من عضويات حية من أغلب المؤثرات الخارجية، وهنا يقصد بالمصطلح: المناخ الحارارى المحيط بالمريخ (المترجم).

٣٠٪، وبالتالي أثر هذا التغيّر المتطرف على المريخ المتتالي عنها. والوضع إزاء ذلك هو أن الدفء الحرارى للأرض من جراء النشاط الإشعاعى والحرارة المخزنة، قد أثر فى شكل الكوكب، واللذين كليهما كانا أكثر ارتفاعاً فى الماضى. ومع ذلك فإن الدفء الحرارى الأرضى المتدفق وحده لم يكن ليتكافأ مع الشمس «المعتمدة»، كما أن أسباباً أخرى لا بد أنها تواجدت لإحداث مناخ أكثر اعتدالاً.

ويعد استخدام أثر الدفينة من أسهل الطرق لجعل كوكب أكثر دفئاً. لأن غازات الدفينة، مثل ثانى أكسيد الكربون، تعمل كغطاء (أو بطانية)، حاصرة حرارة الشمس قرب سطح الكوكب. واليوم فإن الجو المريخى أرفع فى طبقاته لدرجة لا ينتج معها دفء كافٍ من الدفينة، ولكنه بالتأكيد كان أكثر ثخانة خلال البليون سنة الأولى. وكما هو الحال مع كوكب الأرض، فقد تطلب المريخ فى بداياته جواً مكثفاً، بسبب ما يصدر عن الكوكب من غازات وما يأتية من عناصر متطايرة من المذنبات، كما ساعد الوفير من CO₂^(*) على رفع درجة الحرارة.

ولو أن العلماء يظنون أن المريخ، لا بد، كان فيه الوفير من CO₂ فى الماضى، إلا أن تصور شكل له، ليس من الأمور اليسيرة. والأكثر قرباً للأمر أن الكثير منه ضاع فى الفضاء بسبب التصادمات الكونية العنيفة. وكما أوضحت فى الفصل السادس، فإن تصادمًا يقع للكوكب من المذنبات الكبيرة يتسبب فى إحداث تحات أو تآكل فى الأرض من جراء التصادم، فضلاً عن تعرية الجو وكشفه. وفى حالة المريخ، فإن النتيجة النهائية كانت تلك الطبقة الرفيعة من الهواء، ولكن أثناء فترة الوابل الكثيف من التصادمات ذاتها، فلا بد أن حفظ الجو قد تقلب بشكل واسع. وتصل التقديرات فى هذا إلى أن المريخ فقد من جراء التصادمات ما يساوى ٩٩٪ من غلافه الجوى، وأن ٩٠٪ مما تبقى بعد ذلك، يرجع إلى عمليات متنوعة. وإذا كانت هذه الأرقام صحيحة، فإنها تقضى بأن المريخ فى بعض

(*) إختصار ثانى أكسيد الكربون CO₂ = Carbon di oxide (المترجم)

الأوقات كان لديه ضغط جوى أكثر ألف مرة مما لديه الآن، وبما يكفى لرفع درجة الحرارة فوق درجة التجمد وما يدعم وجود محيط وافر.

وليست هناك شكوك كثيرة بأن المريخ كان فيه جو أكثر ثخانة بسبب الحوائط الناجمة عن الحفر التى أحدثتها التصادمات الكونية والتى تأثرت كثيراً وتحدرت بفعل تلك العوامل. وتلك الحفر التى تقل أقطارها عن ١٥ كيلومتراً من الطرف للطرف، قد صارت عمداً تماماً ومحقت بالكامل. وبالمقارنة فإن الحفر التى وقعت فى وقت متأخراً، كان من الصعب تأكلها بالكامل. ويرى الباحثون فى هذا الشأن أن تأريخ التغيير بتحول الجو دراماتيكيًا إلى طبقة رقيقة لم يقع فى زمن يبعد كثيراً عن نهاية وابل التصادمات الكونية أى منذ ٣,٨ بليون سنة مضت. ومعظم الفيضانات الكارثية يبدو أنها وقعت فى مثل هذه الفترة، لأن معظم القنوات الفرعية تبدو مزدانة بكثير من فوهات أو حفر محفوظة جيداً وصغيرة. إنه النقص فى التآكل أو التحات طوال معظم تاريخ المريخ، هو الذى حفظ وأبقى على مجارى المياه تماماً وبحالتها البكر. بينما على كوكب الأرض فلا يوجد أى واد نهري، يمكنه أن يبقى لبلايين السنين.

وبمجرد أقول فترة وابل التصادمات الكونية، فقد ظل ثانى أكسيد الكربون فى المريخ يتسرب إلى الفضاء لأسباب متنوعة، وإذا كان بعضه قد هرب إلى الفضاء، وبعض آخر ذاب فى المياه وأصبح مُذَوَّباً فى الصخور المائية الصغيرة المتناثرة، والبعض الأكثر من هذين ربما اندمج مع الكربونات carbonates أو المعادن الأخرى فى الصخور. ومن دون بعض العمليات التعويضية، فربما أن ثانى أكسيد الكربون، قد أُختصر أو تناقص إلى شكل أقصر. ومن المحتمل أن تسخين الحرارة الأرضية قد حفظ هذه العمليات وأعاد ثانى أكسيد الكربون إلى الجو. كما ربما حدثت فى غضون عدة مئات الملايين من السنوات ضغوط جوية عالية ومعتدلة فى آن معاً، وتشاركت مع تأثير الدفيئة. ومع ذلك ففى النهاية، فقد خَبَتْ حرارة الأرض. وفشلت دورة ثانى أكسيد الكربون، وبدأ الضغط الجوى فى التلاشى، وخُفَّ كل ذلك الصحراء المتجمدة الحافة، التى نراها فى المريخ اليوم.

وحقيقة أن بعض الأودية النهرية تبدو وكأنها قد انقطعت في زمن قريب نسبياً، تشير إلى بعض عصور كانت دافئة بالمصادفة. فإن من الممكن أن نجد تفسيراً له فيما نسترجعه من عمليات. فلو كان صحيحاً أن الحرارة الأرضية المحلية أو الانفجارات البركانية قد أطلقت فجأة كميات كبيرة من الماء إلى السطح، فلا بد أن كثيراً من ثاني أكسيد الكربون قد انطلق بدوره معها. ربما ترفع هذه الدورة... درجة الحرارة وتذيب مياهها أكثر، وتحرر المزيد من ثاني أكسيد الكربون. وعندما تغرق المياه الذائبة الأراضي المنخفضة المتجمدة، فإنها ستندفخ الحجارة الصغيرة المتناثرة، ثمرة أو مطلقاً المزيد منه، وعلى الجملة، فإن كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون ستحرر من الكوكب في حالة تصعيد لهذا الشكل بما يكفي لجو أكثر كثافة مؤقت، مكوناً لآثر الدفيئة.

وثمة ورقة أو عنصر آخر متعلق بحركة الكوكب. فالمريخ له مدار غير متراكز وشاذ وله قمران، ولكنهما أصغر من أن يوازيا حركته المغزلية. ولا بد إذن من أوقات مفضلة للجمع بين الحركة المغزلية ومداره الشاذ، وتؤدي إلى دفء شمسي ساحر. ويصبح العمود الذي تدور حوله الحركة المغزلية دقيق الطرف، بانضباط يكفي ليتلقى القطبين في الكوكب المزيد من حرارة الشمس بأكثر مما تتلقاه المناطق الاستوائية. وهذا قد يذيب القطبين ويتسبب بالتالي في هروب أثر الدفيئة، وبالتوازي، فإن عصوراً متكررة من تشكيلات المحيطات والجلاميد الثلجية تخلفها أوقات هامة أو لا نشاط فيها، يبدو تصوراً أقرب من البرودة غير المفاجئة.

ومن وجهة نظر الحياة، فإن حقيقة أن المريخ كان دافئاً ورطباً فيما بين ٣,٥ و ٣,٨ بليون سنة ماضية، هي حقيقة مفهومة جيداً، لأنها تعني أن المريخ يشابه مع كوكب الأرض في الوقت الذي كانت الحياة فيه قائمة هنا. وهذا ما جعل بعض العلماء ينتهون إلى نتيجة، مؤداها أن المريخ كان، لا بد صالحاً، لكونه مستقراً للحياة في مثل ذلك الوقت أيضاً. ومع ذلك، فإنه من ناحية الكوكب ذاته فإن وجود الماء عليه هو جزء من القصة. والذي جعله صالحاً للحياة بدرجة جيدة أن هناك أيضاً براكين إلى جوار وجود المياه.

هل كانت ثمة حياة على المريخ؟

الجبل المريخي الشمسي أوليمبوس مونز Olympus Mons يبلغ ارتفاع جزئه الرئيسي ٢٧ كيلومتراً، وتبلغ مساحته من الطرف للطرف ٥٥٠ كيلومتراً، مما يجعل منه - من حيث المقاييس - أكبر جبل في النظام الشمسي كله، ويعادل تكوم سبعة من جبل إفرست Mount Everest على الأرض. ومقتضى معنى هذا الجبل لا يكمن في حجمه، وإنما في أنه عبارة عن بركان. وعندما تتواجد البراكين والمياه، فإن النتيجة تصبح في وجود ينابيع دافئة، ومثل هذه النظم عن الحرارة الهيدروليكية على الأرض، ربما كانت تلعب دور المصنف لأول عضويات حيوية. فهل ازدهرت الحياة أيضاً على المريخ منذ ٣,٨ بليون سنة مضت؟ ربما على منحدرات بعض الينابيع في أوليمبوس مونز، أو ربما عميقاً في الصخور المسامية أو الإسفنجية الشكل المنقذة للمياه تحت بحر مريخي اختفى منذ مدة طويلة.

وعلى مدى أربعة بلايين من السنوات ظل المريخ متوهجاً ومتقدّاً، بسبب الحرارة الصادرة عن تشكله. والنشاط الإشعاعي يدفئ القشرة الأرضية فيه. والصدمات الكونية أذابت هذا السطح. وعندما ناضل الكوكب لتجريد نفسه من تلك الحرارة البدائية. فقد فاض بالحكم البركانية Lava بكميات كبيرة وعلى مدى واسع للغاية. مُنشئاً مساحات أرضية هائلة من صخور ذاتية، مثلها مثل ما نعرفه عن ماريا القمر Maria of the moon^(*). وحالما شرعت القشرة الأرضية في البرود التدريجي هبطت أو تلاشت هذه البراكين بشكل مطرد، وفي هذا الوقت توقف تقريباً. وابل القذائف المريخية والصدمات، وأصبح موزعاً على مناطق ثلاث كبيرة، أطلق عليها مسميات: ثارسيس وإيليزيوم وهيلاس

(*) اسم المار يعتقد أنه ؟؟ على سطح القمر (المترجم).

Tharsis, Elysium, Hellas^(*)، هكذا على التوالي، وإذا كانت ثمة براكين حية على المريخ اليوم، فهي لا تبدى أى علامات على النشاط^(٣). ومع ذلك فإن تاريخ المريخ يشمل ظاهرة التآكل أو التحات: وعلى سبيل المثال ما نلاحظه حول جبل أوليمبس مونز والذي يشير إلى الـ ١,٥ بليون سنة الأخيرة، ومنذ الـ ٥٠٠ مليون سنة الأخيرة هناك مثلها قريباً من ألبا بترـ Alba Petera^(**). وعلى ذلك فالأقرب هو أن المريخ لا يعد نشطاً بركانياً منذ ٤ بلايين سنة، وهو ما يعد قريباً نسبياً، ويبدو أنه من المعقول التوصل لنتيجة أن بعض المناطق لا تزال دافئة، ومن المحتمل أن تكون هذه المناطق فى العمق تحت الأرض.

لا بد أنه فى ذلك الماضى البعيد، كانت هناك فرصة واسعة لتكون ينابيع دافئة أو ساخنة حول قوهات البراكين الحارة، كمصادر للمياه الوفيرة على الكوكب. وثمة دليل واضح على تفاعل المياه والبراكين أظهرته الصور التى تم مسحها. وكثير من الفيضانات يبدو أنها جاءت من ذوبان الجلاميد والقشرة الثلجية على أرض المريخ، وبعض مجارى الأنهار، يبدو أنها ظهرت من تحت فيضانات مكونات البراكين. وتدفقت القنوات متناثرة حول البراكين الأكثر علواً من منطقة «ثالث». وفى أماكن أخرى، فإن شبكة القنوات الكثيفة زينت خاصرة البراكين. وثمة تلال مسطحة القمة، فيما يشبه مائدة جبلية فى أيسلندا حيث تسبخت أو ترسبت مكونات البراكين تحت الثلج. والسمات نفسها حملتها بعض التلال أو المرتفعات فى منطقة «إليزيوم» على المريخ والتى تظهر علامات من خليط بين مكونات البراكين والثلج. وكل هذا يضيف إلى الدليل الظرفى بوجود نظم هيدروليكية حرارية على المريخ القديم، إلا أنه لم يظهر بعد دليل واضح أو سهل على وجود مخزونات معدنية تستدل عليها المجسات.

(*) اسماء مواقع بركانية ومناطق فوق سطح المريخ (المترجم).

وفى انتظار مهمة جديدة لمارس فقد قام علماء ناسا، بوضع علامات مميزة على مناطق فى سطح المريخ يحتمل وقوع نشاط هيدروليكى فيها. ويبدو أن جانب بركان هادريكا بلاديرا^(*) Hadrica Pladera من بين الأماكن المناسبة. حيث وُجِدت هناك شبكة من أودية أنهار، فاضت من مجرى أو مجار من مرجل caldera قديم، تقطعها قناة فيضان لها مشهد جليل تظهر فجأة لتقطع المنحدر. وثمة بركان آخر يسمى أبولليناريس باثيرا^(**) Apollinaris Patera، له ملامح المظهر القديم لرقعة مضيئة بالقرب من حافة المرجل، والذي يمكن أن يكون ينبوعاً دافئاً لتخزين المعادن. كما أن هناك بركاناً مشابهاً فى منطقة الحفرات العالية، يعرف باسم تيرا سيميريا^(***) Terra Cimmeria. وله منحدرات متآكلة بشدة وتتموضع كبداية لمجرى مائى كبير.

وكثير من أودية الأنهار على المريخ حدثت فى مناطق مشوشة، حين تطفلت أجرام صخرية كبيرة تركزت على مواقع متشابهة كبيرة أيضاً. وهذه الطبوغرافيا من المظنون أنها تشكلت عندما تطفلت الصخور المنصهرة على الأرض الثلجية. وعندما ذاب الثلج، فاضت المياه مُسببة انهيارات عشوائية، ومثل هذه الأماكن تسمح بوجود مواقع أولية لمسطحات ضحلة، يبرز فيها النشاط الهيدروليكى.

إذا كانت الحياة قد اتخذت إقامة لها فى الينابيع الحارة أو الدافئة لكانت قد خلفت آثاراً إحفورية لها. والإحفوريات المريخية كان من الأقرب بالنسبة إليها أن تقاوم بأكثر من مثيلاتها فى كوكب الأرض بسبب النقص فى الأجواء على المريخ. والمهام المريخية المقبلة^(****) يمكنها أن تسعى إلى ما يشبهه أو يقترب شبيهه

(*) اسم موقع بركانى فوق سطح المريخ (المترجم).

(** + ***) جميعا هى اسماء مواقع بركانية فوق سطح المريخ (المترجم).

(****) يلاحظ أن الكتاب، بعنوانه الحالى "أصل الحياة" قد نشر عام ٢٠٠٣ وسبق نشره عام ١٩٩٨ تحت

عنوان: المعجزة الخامسة ولكن الطبعة الحالية فريدة ومنقحة. (المترجم).

للعينات، لتعود بها إلى كوكب الأرض. أما المواقع الأحفورية الأخرى والمتضمنة لأودية الأنهار، حيث ربما ذابت العضويات المريخية في الأحواض الراكدة وفي الصدوع الكبيرة للأودية. وأودية مارميريس^(*) Valles Marmeris، حيث كانت الطبقة العميقة مكشوفة. وفيعان البحيرات الجافة، حيث تستطيع الميكروبات أن تصبح مخزونة في رسوبات المياه بها، كل هذا هو أيضاً محل الاهتمام، والقوهة المعروفة باسم جوزيف Gusev (اسم لقوهة بركان مريخي)، تبدو مرشحة واعدة بهذا، لأن نهراً كبيراً سبق أن قاض فيها مرة من المرات. لقد كانت هناك بحيرة عميقة منذ فترة طويلة، وبها الكثير من الترسبات في قاعدتها.

وأول خطوة صغيرة لتتبع هذه النقاط المشار إليها كانت في يوليو منذ عام ١٩٧٧، عندما توجهت، وهبطت بنجاح باتفيندر^(*) Pathfinder على المريخ منذ الفايكنج Viking^(**) وبواسطة مركبة الفضاء سوجورنر Sojourner^(***)، فقد أطلقت الباتفيندر معلومات ثرية من فم منطقة فيضان أريز فاليس Ares Vallis (موقع مريخي). والمنطقة الأرضية القريبة من المركبة الفضائية كان ينتثر عليها ما يشبه الأكياس الحافظة من الصخور المرتدة إلى الوراء بفعل السبول. وهذا الحطام، ربما يشتمل على شرائح من أنظمة متطرفة الحرارة أو حتى أحفوريات من الميكروبات التي كانت عميقة تحت السطح، وتسبب الفيضان في بروزها على السطح وارتحلت في المجرى المائي. وللأسف لم تكن الباتفيندر لديها القدرة على كشف وملاحظة مثل هذه الحدوس.

وفي سبتمبر ١٩٩٧ أرسلت ناسا ما يسمى بالمساح العالمي Global Surveyor إلى مدار المريخ، فرسم بصفة عامة خريطة لسطح المريخ بمقياس

(**) اسم الموقع المريخي (المترجم)
 (*، **، ***) والمعنى الحرفي ذو الدلالة لهذه التسميات على التوالي هو: Pathfinder = طريق للعدسة الإضافية الصغيرة والعريضة (الموضوعة إلى جوار العدسة الأصلية) لتوضيح أكثر للصورة المطلوبة، Viking - وهو الاسم الذي أطلق على المحاربين القدامى من غزاة تمال أوروبا ويعني "الفاحين" بصفة عامة، Sojourner = المقيم إقامة مؤقتة. (المترجم).

مترى بالغ الدقة. وأعقبها بنجاح مركبة أوديسا (بمعنى: التجوال الطويل: المترجم) المريخ Mars Odyssey، والتي ارتحلت لنفس المدار. ومزيد من المجسات سواء هبوطاً على السطح أو دائرة فى المدار، تم التخطيط لها بمعرفة هيئة ناسا، والنظيرة لها فى اليابان المعروفة باسم إيسا ESA، وروسيا. وهى مشروعات تتضمن الحصول على عينات تعود بها تلك المهام للأرض، ومقدر لها أن تستمر حتى نهاية العقد. ولو أن هذه المهام موجهة أساساً أو بدرجة كبيرة، لفهم جو وطبوغرافيا كوكب المريخ، فإن كل النتائج سوف تثمر لنا مفاتيح متفحصة للحياة فى ماضى الزمان^(٤).

هل لا تزال هناك حياة على المريخ؟

إذا كانت الحياة قد وجدت بالفعل على ظهر المريخ منذ ٣,٨ بليون سنة مضت، فربما عانت من مواجهة سباق يائس مع الزمن. لأن التصادمات الكونية الهائلة لم تحصر المناخ فقط تدريجياً، وإنما أيضاً أفسدته، وأجذبت الأرض هناك. وما دام تم غمر المناخ وتجمدت المياه، أصبح للسكان المناسبون لهذه الظروف أندر وأندر. وعبر عدة مئات ملايين السنين، فالأقرب أن الباقى منهم قد تسال راجعاً إلى شقوق معينة فى الصخور المغمورة تحت البرك المنعزلة المحمية بطبقة ثلجية على سطحها، أو أى مواقع تحت سطح الأرض.

ومن المفهوم أن الحياة ظلت متماسكة أو ملتصقة فى أماكنها حتى اليوم. وكإدراك متأخر، فإن المواقع التى أختيرت لمهمة فايكنج والتى تم اختيارها بصفة أساسية لحسن الهبوط وسهولته، تبدو وكأنها أبعد ما يمكن عن مواقع تواجد الحياة. لقد أرسلت فايكنج قبل أن يُقَدَّر البيولوجيون فهم أهمية الينابيع الحارة. ومن المؤسف أن معظم الأنظمة الهيدروليكية فوق المريخ تبدو فى هذه الآونة هامدة، بمنطفئة أو حتى منقرضة.

ومع ذلك، فسيكون من الخطأ إهمال المريخ كموطن لحياة ممتدة، فالبراكين التي تثور فجأة، وفوهاتها الواسعة ربما تبدو على أنها شيء من الماضي، ولكن النظم الحرارية الأرضية، ربما لا تزال قائمة في الأعماق تحت السطح. ولو أن الجلاميد تمتد إلى أسفل لعدة كيلومترات، فإن المياه السائلة المناسبة والتي قد تكون ملحية المذاق، تبقى بكميات وافرة أسفل هذه الجلاميد. ونحن نعلم هنا، على كوكب الأرض، أن الدائرة الحيوية تمتد عميقاً في القشرة الأرضية، وإذا استطاعت أن تسكن وهي راضية في مثل هذا الظرف، فلا بد أن تستطيع ذلك أيضاً في المريخ. ولو أن المريخ ربما يفتقد المداخل السوداء قرينة الشكل التي نراها في أعماق محيطاتنا، فليس ثمة سبب لكي لا تتكيف الميكروبات المريخية عبر الزمن مع ظروف ذلك الكوكب. وعلى الأرض قامت الباكتريريا والأرشيا بغزو مواقعها الخشنة وازدهرت ونمت في أماكن، يمكن بالمقارنة، أن تصبح المواقع المريخية تحت الجلاميد تعتبر، بالنسبة لها، لطيفة ومعتدلة.

ولو أن هناك حياة على المريخ، فربما نشبه النظم البيئية لتغذية الميكروبات المسماة Slim، تلك التي عُثر عليها في الأرض داخل طبقة الصخور العميقة تحت الأرض، مدعومة بنوعيات الباكتريريا العاشقة للمواد الكيميائية (انظر الفصل السابع)^(٥). وتذكر أن أولئك العائشين على المواد الكيميائية هم بالأساس منتجون: فهم بغير حاجة للضوء ولا للطعام العضوي ولا للأكسجين، ويقوم غذاؤهم على الكيماويات غير العضوية المتوافرة في هذا العمق، مثل الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين والتي تصل عمودياً إلى القشرة الأرضية بواسطة تيارات الحمل المائية. كما أن عمليات التمثيل الغذائي القديمة ستكون مناسبة للظروف الجارية في المريخ أو السائدة فيه، حيث الكبريت والحديد المخزونين فيه يمكن أن يمداهما بالكيماويات الضرورية. وعضويات مثل الحلقيات الميثانية التي تحوّل الهيدروجين، وثاني أكسيد الكربون إلى الميثان، ربما تشعر وكأنها في موقعها المناسب تحت سطح كوكب المريخ^(٦).

كيف يمكن تذوق أو استطعام مثل هذا الحدس؟ فالعثور على ميكروبات حية تحت تلك الجلاميد، ربما يشبه المصيدة لأى بعثة يقوم بها رجال، ولكن المسح الذى يقوم به قمر صناعى سوف يجسّ - على نحو غير مقصود - علامات حياة تحت السطح، مثل انتشار أو تفشى غاز الميثان فى المناخ المريخى. ومع ذلك، فالأمل فى نجاة عضويات مريخية يتعقد فيما لو أنها قاومت أو ناضلت من أجل الحياة فى أماكن محلية فوق أو بالقرب من السطح. وعلى سبيل المثال فإن صدامًا كونيًا متأخرًا قد يكون قد كشف طبقة أرضية تتوافر فيها الميكروبات المنزعجة، فبعض الميكروبات قد تبقى متاحة، متجمدة وغير نشطة أو خاملة، ومحمية من الموجات فوق البنفسجية القادمة من الشمس فى جوانب الحفر التى أحدثها التصادم. كما أن هناك إمكانية أخرى تتحصل فى بقاء بعض الباكثيريا الميالة للملح مدفونة فى بللوراته المتبقية فى قاع البرك الجافة.

ويضع أحد إخصائى المريخ بهيئة ناسا رهانه على المناطق القطبية المتجمدة فى المريخ، والتى يعتقد أنها قد تكون ميناءً مناسبًا أو ملاذًا ممكنًا لشكل من أشكال الميكروبات^(٧). وهو يدعى كريس ماكاي Chris Mackay. ولو أن درجة الحرارة هناك منخفضة لحد يدعو لليأس، فعلى الأقل هناك ثلج متاح، بعكس المناطق الاستوائية التى جفت تمامًا. ومزيد من المفاتيح للأسئلة المثارة يأتى من مكان واحد على الأرض يتشابه مع سطح المريخ اليوم وهو قارة أنتاركتيكا عند القطب الجنوبى من حيث إن درجة الحرارة هناك تصل إلى ما تحت درجة التجمد، وثمة رياح عنيفة ومخيفة وجافة، وإشعاعات جدية من الفوق بنفسجية، وبالرغم من ذلك، فإن حياة ميكروبية تقوم فى قاع البحيرات المغطاة بالثلوج فى أودية ماكورد الجافة McMurdo Dry Valleys. والمياه السائلة يمكن أن تبقى تحت الثلج حتى ولو أن درجة الحرارة تصبح تحت درجة التجمد، وذلك بواسطة خليط من أشعة الشمس والحرارة الأرضية واقتحام أو استرساب مياه سائلة منذ فترات ارتفعت فيها الحرارة إلى ما فوق الصفر. ومن ثم فإن العضويات المريخية، ربما عثرت على

ملاذ لها فى مثل هذه الأماكن وامتدت فى مقاومتها ومناضلتها من أجل الحياة عبر مئات ملايين السنين.

وقد أعد ماكاي دراسة أكثر من مهمة عن هذه الحياة الانتاركتيكية، وتعرف الدراسة باسمها المخيف «الحياة الدائمة المخفية أو المغلزة» *cryptoendoliths*^(*)، وهذه العضويات تحتل أو تشغل منطقة صخور رملية الطابع ونصف شفافة. وتساكن قريباً بدرجة كافية من السطح لى يصل الضوء إليها، ولكنها محمية من الأشعة فوق البنفسجية والرياح بصفة عامة، بواسطة طبقة صلبة رفيعة. وضوء الشمس المندمج بالصخور، يمكن أن ينشئ جواً معيشياً رطباً لبقاء العضويات واستمرارها عبر المياه المنحصرة حتى ١٥٠٠ متر فى ظل درجة حرارة تكون دائماً تحت درجة التجمد. إن كل مجتمعات الباكتريريا والفطر والطحالب *algae* بنات الأشنة *lichens* والخميرة المذبذبة *yeasts*، تعيش براحة فى ظل هذه الظروف البالغة القسوة. ومن المحتمل أن بعض هذه العضويات تعيش فى المريخ، مستخدمة هذه الاستراتيجية العبقريّة، وأى ميكروبات مريخية فطرية أو طبيعية قد تكون ظهرت بالطريقة نفسها.

ورأى الشخصى هو أن المنطقة العميقة تحت سطح المريخ تظل أكثر احتمالاً كمواقع الحياة اليوم، ولأسباب سأقوم بشرحها فى الفصل التالى. وأعتقد أن هناك فرصة ممتازة فى أن نعثّر على ميكروبات مازالت حية تحت الجلاميد المريخية. حيث كنا منذ سنوات قليلة نضحك فى سخرية من مثل هذا التنبؤ، فطالما افترض العلماء أن الحياة تحتاج لدعمها إلى ضوء الشمس والدفء وإمداد جاهز من المواد العضوية، وبذلك فإن المريخ ظلّ خارجاً على الموضوع، ومع ذلك فإنه مع اكتشاف الميكروبات التى تعيش فى العمق بعيداً عن الضوء أى فى ظلام دامس والحرارة الأرضية التى تدفئ سكان الأرض فقد انتقل مشهد الحياة ليكون مناسباً على المريخ^(*).

(*) وبتحليل الكلمة أو المصطلح لغوياً نجد أنها تنقسم إلى مقطعين: *crypto* وتطلق على كذا ما هو سرى أو شفى، والباقي يشير إلى نبات دائم الخضرة، ينمو فى شرق اليابان. (المترجم).

الأحجار النيزكية القادمة من المريخ:

فى عام ١٩١١ كانت بلدة «نخلة» فى مصر محلاً لحدث من أهم الوقائع التاريخية على الإطلاق حين سقطت عليها من السماء صخرة غليظة وقصيرة وتسببت فى مقتل كلب. وهو النوع الوحيد المعروف من ذوات الناب، الذى لقى حتفه بواسطة عنصر أو موضوع كونى. ولو أنه أمر غير محتمل الحدوث فى أن تتم مواجهة كهذه، فإن طبيعة الأمر غير العادية لم تتكشف إلا بعد عقود تالية عندما وجد العلماء أن من وراء هذه الحادثة القاتلة ليس صخوراً حداثياً عادياً، وإنما قطعة من كوكب المريخ. وللتأريخ فئمة دستان من الصخور النيزكية المريخية قد تم التعرف عليهما وأكثر من ذلك لا يزال قابعاً فى الأرض حولنا دون شك فى طبيعته. وبتوجيه النظر إلى صخرة نيزكية مريخية، فإنها تبدو مختلفة عن أى صخرة أخرى، وبالطبع من الشيء المعثور عليه فى نخلة، يستقر لسنوات عديدة مثل أى صخور نيزكية فى المتحف الجيولوجى بجامعة أدليد **Geology Museum at the University of Adelaide**، إلى أن تم تمييز طبيعته الحقيقية فى بواكير التسعينيات من القرن الماضى، ومنذ ذلك الحين تم التحفظ عليه «بالضبة والمفتاح». ذلك أن الأصل المريخى لهذه الصخور لا يكمن فقط فى مظهرها ذاك، وإنما أيضاً فى دقة تكوينها الكيميائى. ولقد ظل العلماء طويلاً متحيرين إزاء مستوى من الصخور النيزكية، يعرف باسم المطققات أو المحزوزيات "SNC" or Snicks" (اختصاراً)، طبقاً لما تحويه من كميات غير عادية من المواد المتطايرة أو سريعة التأثير، ووفرة ما بها من نظائر الأكسجين. إن تعريفها بـ SNC يعنى أوائل حروف أسماء ثلاثة أماكن أكتشفت فيها، فالـ N تشير إلى نخلة بمصر على سبيل المثال، والأول فى استعادته للحياة سقط فى شانزى **Chassigny** بفرنسا عام ١٨١٥، والثانى كان فى الهند فى شيرجوتى **Shergotty** عام ١٨٦٥، وهكذا تشكلت الحروف الثلاثة.

وأكثر ما أثار الحيرة والإرباك فى تلك الصخور النيزكية، هو احتواؤها على صخور نارية، والتي عادة ما ترتبط بالبراكين. وهو ما دعا إلى الشك فوراً أن هذه الصخور النيزكية تأتى من الكويكبات الكائنة بين المريخ والزهرة، أو أن يكون مصدرها المذنبات. ولكن الكواكب وحدها هى التى تشتمل على البراكين، وليس الكويكبات والمذنبات.

والجزء الحاسم من الدليل جاء فى بواكير الثمانينيات من القرن الماضى، على أن هذه الصخور النيزكية الملقبة باسم SNC فيها شىء غريب، وذلك عندما استخدموا مقاييس إشعاعية نشطة فى تحديد تاريخها العمرى، حيث جاء عمرها ما بين ١٨٠، و١٣٠٠ مليون سنة. وبالمقارنة فإن الصخور النيزكية العادية، التى هى عبارة عن شرائح من المواد البدائية الأصلية المتخلفة من تشكل النظام الشمسى، والتى تقترب بين ٤,٦ بليون سنة من العمر. ومن ثم فقد تشككت حفنة من العلماء، فى أن الأحجار النيزكية SNC، قد جاءت من سطح أحد الكواكب والتى تشتمل على البراكين.

ولو أن معرفة المصدر الكوكبى لهذه الصخور النيزكية SNC، قد أزال الحيرة القائمة بشأن الموضوع المثار بقوة، إلا أنه أنشأ المزيد منها. وكان أكثرها ضغطاً على الذهن هو كيف لحجر ضخم خشن أن يُقْتَطع من كوكبه ويبدل جهداً فى قطع هذا الشوط للوصول إلى الأرض. وما العمليات الفيزيائية التى لها قوة اقتطاع صخرة من كوكب دون أن تدمره فى الوقت نفسه؟ وسرعان ما أوضحت الحسابات أن أقصى عنف تحاى أو تآكلى بركانى لا يتسنى له خلع حجر وقذفه إلى الفضاء. وهكذا انحصرت المسألة فى خيار وحيد وهو التصادمات الكونية. فقد كان بالتأكيد مما يُقبل فهمه أن كوكباً صدمه كويكب آخر أو مذنب، وبقوة كافية لحث كتلة صخرية وتسييرها فى المدار، وأن بعض هذه الملفوظات قد وصل أخيراً للأرض. ومع ذلك فإنه حتى فى الثمانينيات ظل الكثير من العلماء بجدون صعوبة

فى قبول مثل هذه المآسى الكونية بشكل جدى. والأدهى من ذلك فقد بدا فى ذلك الوقت أن تصادمًا بهذه الجاذبية، لن يمكن معه تجنب انسحاق أو إذابة الصخور فى منطقة التصادم. وعليه، فإن الصخور النيزكية «المقطقة» (التي تحدث صوتًا كالمقطقة)، قد اصطدمت، ولكن على نحو عادى.

وعلى أى حال، فإن وزن هذا الدليل تجمع لصالح الأصل الكوكبى للـ SNC. وكان السؤال التالى هو: من أى من الكواكب جاءت؟ ولو أن المريخ كان دائمًا هو المرشح الأول الذى تتور حوله الشكوك. فقد كان بمثابة تمرين على بذل الجهد فى العمل الاستكشافى. وبالطبع فإن كوكب الزهرة كان هو المنافس له فى هذا الأمر، لأن مناخه السميك والارتفاع النسبى لدرجة جاذبية سطحه، جعلًا من الصعب أن تهبّ منه أى مواد. كما أن القمر - وكوكب الأرض نفسه - مَثَلًا مصادر مناسبة لمثل تلك المواد. لكن القمر لم تكن به أنشطة بركانية فى الوقت الذى قُدرته المقاييس كعمر للـ SNC. ولو أن الأرض كان بها مثل هذا النشاط، فقد فشلت الصخور النيزكية فى اختبار المقارنة بشكل حاسم بالنسبة لكوكبى الأرض والقمر، فى ظل نسب نظائر مكوناتيهما. ليس فقط نظير الأكسجين، وإنما أيضًا غاز الزينون ^(*)Xenon. فكلاهما ليسا كذلك مما يشير إلى مناخ رفيع ومجال جاذبى كبير ولكنه عادى. وكل هذا وضع الحمل بقوة على المريخ.

وفى عام ١٩٨٢ جاءت الحجة المفحمة فى واحدة من المراحل غير المتوقعة، والتي غالبًا ما تصاحب الاكتشافات العلمية. حين كان أحد علماء هيئة ناسا، وهو دونالد بوجارد Donald Bogard، يحاول تسجيل إحدى الصخور

(*) هو عنصر غازى ثقيل خامل وعديم اللون يكون دائمًا فى الهواء، كما أنه يستعمل فى بعض المصاييح الكهربية (المترجم).

النيزكية المريخية المزعومة بواسطة قياس وفرة النشاط الإشعاعي لغاز الأرجون^(*) Argon في أحد جيوب الثلج الذائب. وكانت النتائج التي حصل عليها من العينة التي عمل عليها، منافية للعقل أو مخيبة للآمال، ولذلك انتهى إلى أن الصخرة ربما تلوثت بشكل ما أو شابها الفساد. وفكر جارد ملياً في الأمر، وأرجع السبب في أن قوة موجة الصدمة، التي تسببت في قذف الصخرة من المريخ، ربما أجبرت غاز الأرجون من الجو ليدخل إلى جوف الصخرة، وكانت فايكنج قد قامت بقياس وفرة نظائر الأرجون في مناخ المريخ. وسرعان ما أبرزت المقارنة كون بوجارد صادقاً. هذا وجاءت القياسات التي أجريت على غازات مهمة أخرى، فضلاً عن النيتروجين وثاني أكسيد الكربون، لتوافق على قائمة المعلومات عن النظائر التي جاءت بها مهمة فايكنج. فقد تماثلت الغازات الموجودة بالفقاعات الصغيرة الموجودة في هذا النيزك بدقة مع المناخ المريخي^(٩).

وبمجرد القبول بأن SNC، وحفنة أخرى من الأحجار النيزكية، قد جاءت فعلاً من المريخ، فقد راح العلماء بفحصونها بأمل العثور على مفاتيح حول الظروف الفيزيائية على سطح المريخ. وواحد من الاكتشافات المهمة هو وجود معادن في الأحجار النيزكية التي عملت فيها المياه عملها، مؤكداً بذلك نظرية أن المريخ كان في مرة من المرات، دافئاً ورطباً. كما أن معلومات أخرى من التي تم تجميعها حول وفرة النظائر، ساعدت في بناء صورة للتغيرات التي جرت في مناخ المريخ. وكل هذا العمل والجهد على الأحجار النيزكية المريخية كان شيئاً ساحراً ومهماً ولكن، ومع ذلك، لا يقارن مع المفاجأة المخيبة والكامنة داخل النيزك المسمى ALH 84001.

(*) عنصر غازي عديم اللون والرائحة يوجد أيضاً في الهواء، وكذا في الغازات البركانية، كما يستعمل في ملء المصابيح الكهربائية بدوره، فضلاً عن الأنابيب الإلكترونية. (المترجم).

لقد وقعت هيئة ناسا على، اكتشاف مذهل، يشير لإمكانية شكل بدائي لحياة ميكروبية، ربما تكون قد وُجدت على المريخ لأكثر من ثلاثة بلايين مضت من السنين.

دانييل س. جولدنج Daniel S. Golding

مدير هيئة ناسا^(١).

تعتبر المساحات الأرضية المنعزلة في أنتاركتيكا آخر الأمكنة التي يمكن أن يجد فيها صائدو الأحجار حجرًا نيزكيًا وهم يعملون. إلا أن هذه الألواح الوفيرة المميزة من الثلج تعتبر حافظًا، مثالًا للأسرار الفلكية. فإذا عثرت على حجر في ثلوج أنتاركتيكا فليس غير السماء هي التي جاء منها. والأحجار النيزكية التي تسقط على الثلج، سرعان ما تدفنها الثلوج فيها، ولكن عندما ترحف ألواح الثلج في اتجاه المحيط، حاملة معها الأحجار النيزكية، فإنها تتوقف عندما تواجه إعاقات مغمورة، كما عندما تحتك بالحيال. وقد تدفع الأحجار المدفونة إلى السطح، حيث تبدو واضحة تمامًا عبر الثلج الأبيض.

وكانت روبرتا سكور Roberta Score واحدة من بين فريق البحث الأمريكي عن الأحجار النيزكية في أنتاركتيكا، وفي أخريات عام ١٩٨٤، كلفت هي وزملاؤها باجتياز الجلاميد المكشوفة والتي تذررها الرياح بالقرب من منطقة تعرف باسم «تلأل آلان» Allan Hills. وفي منتصف نهار ٢٧ ديسمبر أوقفت روبرتا تليفونها الثلجي المحمول، ليأخذها العجب إزاء مشهد ثلجي متشكل بما يشبه الأمواج المتجمدة. وعند هذه النقطة فقد التقى نظرها بحجر نيزكي يرقد على حافة هذا الحقل الثلجي. وفي البحث فيه، تبين أن له لونا يميل للاخضرار، وأنه ليس من مصدر أرضي. وبعيدًا عن ذلك فهو مجرد حجر نيزكي آخر في مجال اهتمام

روبرتاً وزملائها، من بين أكثر من مائة منها كان الفريق قد جمعه أثناء مهمتهم، وعليه فلم تكن هناك إثارة غير عادية أو مفرطة بالنسبة لهم.

وكالعادة حرص العلماء على تجنب أسباب التلوث للحفاظ على حجرهم النيزكي الأخضر بعيداً عنه، والذي سموه اختصاراً **ALH**، باعتبار المكان المعثور عليه فيه **Allan Hills** أى «تلأل آلان»، فوضعوه فى حقيبة من النايلون الخاص فائقة التعقيم وأحكموا غلقها بنوع من التيفلون **Teflon**. لم يلمسه أحد بيديه العاريتين، ثم نُقل فى حالة تجمد مع غيره مما عثروا عليه طوال رحلة المهمة والتي دامت ثلاثة أشهر، إلى معمل معالجة الأحجار النيزكية **Meteorite Curation Laboratory**. فى مركز جونسون للفضاء **Johnson Space Center** فى هيوستون بولاية تكساس. وهناك تم تخزينه فى خزانة مشمولة ببيئة نيتروجينية لاستبعاد أى رطوبة أو ندادة. وقد كان هذا أول حجر نيزكى يتم التعامل معه من بين ١٩٨٤ حجراً (منذ بدأت المهام المماثلة والتي لقبت بالتعريف ٨٤٠٠١) وذلك بالنظر للونه غير المعتاد. ومع ذلك، وعوده للمعمل فقد أظهر بما لا يتوقع لوناً فاتراً ضارباً إلى الرمادى فى هيئته، وتم تصنيفه على أنه من بين التكاثرات المرتدة من حزام الكويكبات. وهكذا ظل هذا الـ **ALH 84001** مخزوناً دون تعرف على هويته الحقيقية إلى طوال أربع سنوات أخرى.

وفى صيف العام ١٩٨٨ كان الكيميائى الجيولوجى دافيد ميتلفيلدت **David Mittlefehldt**، من مركز جونسون للفضاء، يقود تحليلاً عادياً فى التكاثر المرتد (الجنسى واللا جنسى) وحصل على عينة من **ALH 84001** لتحليلها. وسرعان ما ثار حُب استطلاع من خلال الوصف الأصلى للحجر، بأنه يحتوى على معادن معينة تندر فى حالات التكاثر المرتد، مثل ذلك الغريب العجيب المسمى بلاجيوكلاز **Plagioclase** (ضرب من الفلسبار). وكان معروفاً أيضاً أنه يحتوى على كربونات (المشبعة بثانى أكسيد الكربون)، ولكن ميتلفيلدت وعلى نحو أوتوماتيكى، عزا ذلك إلى أنه من نتاج الجو فى أنتاركتيكا.

وتحليل مئيلفيلدت للكئة العينة، لم يصل إلى أى شىء زائد أو مفرد. وظل الأمر كذلك حتى العام ١٩٩٠ حين استُخدم مجسًا الكترونيًا **electron microprobe**، لفحص بعض الحبيبات التي تحتوى عليها العينة، حيث بدأت الطبيعة الفريدة للحجر النيزكى تتكشف ببطء. لأن المجس الذى أطلق شحنة أو حزمة ضيقة من الإلكترونات على سطح العينة حاثًا انبعاث أشعة إكس **X-rays**، والتي كشفت عن كمية كبيرة من الحديد الحديدي **ferric iron**، والذي لا تتميز به الأحجار النيزكية العادية. وعليه لم يذع مئيلفيلدت الخبر ظنًا منه، بأن تحاليله قد أخفقت النتائج الصحيحة. ولكنه كتب بحثًا عام ١٩٩٣ عن التكاثر المرتد، أشار فيه إلى تلك النتائج الشاذة لعينة **ALH 84001**، ومن ثم حثه أحد مراجعى البحث بأن يعيد فحص نتائج تحليله. فقط حين أقنع مئيلفيلدت نفسه بأن نتائجه صحيحة ولا عيب فيها، أشرقت عليه فكرة مؤداها أن الـ **ALH 84001**، قد لا تكون من نتاج التكاثر المرتد على الإطلاق، ولكنه حجر نيزكى مريخى. ومع ذلك، فإن التكوينات المعدنية لم تكن تماثل تلك التكوينات المعروفة عن الأحجار النيزكية المريخية، مثل الـ **SNC** مثلاً. وبالطبع فقد أصابته الحيرة الطبيعية، ولم يشتر مئيلفيلدت لزملائه إلى ما انتهى إليه.

ووصل مئيلفيلدت إلى أنه من الأفضل الحصول على عينات أخرى من **ALH 84001**، وبعد قليل لفت انتباهه إلى حجر نيزكى آخر من أناركيتكا معروف بالاسم المختصر **EETA 79002**، وهو قد سبق له العمل عليه ومحدّد على أنه نتاج مباشر للتكاثر المرتد. وبدأ يجرى عليه تحليله الروتيني، مستخدمًا المجسّ الإلكترونى، ولكنه وبشكل فوري، تحير وارن بك إزاء اكتشافه كمية حقيقة من الحديد الحديدي. وكاختبار متقاطع مع الاختبار الأصلى قام بدراسة تكوينات كبريتيد الحديد فى الـ **EETA 79002**، ولدهشته عثر على ديسالفيد **disalphide** الحديد «هذا شىء أحمق أو مجنون لأن الجنس المرتد يحتوى فقط على الحديد أحادى الكبريت»^(١١). هكذا ردّد بينه وبين نفسه. وهو فى حيرته البالغة وارن بأكه

عاد إلى قواعده لفحص طبقة رفيعة من الحجر تحت الميكروسكوب، حيث لم تشبه في أى شيء إلى EETA 79002، ولكنها وعلى نحو مضجر ووافر الشبه لـ ALH 84001. وبمعاودة الفحص وجد متيفيلدت أنه حصل على عينة خاطئة وأنه كان يعمل طوال الوقت على عينة الحجر النيزكى المعثور عليه فى تلال آلان. وقد كان هذا دليلاً كافياً. ثنائى سالفيد الحديد يُعد مألوفاً فى الأحجار النيزكية المريخية. ومع وجود الحديد الحديدى، فإن النتيجة تنحصر فى أن الحجر (ALH 84001) قادم من المريخ.

وبمجرد أن أعلن متيفيلدت أنه كذلك، فى منتصف أكتوبر ١٩٩٣، فقد جرت معاملة الحجر على نحو خاص. حيث ترأس باحث هيئة ناسا دافيد ماكاي، والذى يعمل أيضاً فى مركز جونسون للفضاء، مجموعة بحثية والتي ضمت أيضاً ريتشارد زار Ritchard Zar، من جامعة ستانفورد، وبدأت المجموعة فى إخضاع ALH 84001 لمجموعة من الاختبارات؛ مستخدمين فيها كيميائيات خيالية والتحليلات المناظرة، والتي من خلالها استطاع علماء ناسا إعادة بناء تاريخ الحجر درجة بعد درجة، وكانت أول مفاجأة هى عمر الحجر الذى تم تحديده بواسطة تحليل عنصرى الروبيديوم vubidium (وهو عنصر فلزى فضى اللون يشبه البوتاسيوم)؛ والسماريوم Samarium (عنصر فلزى نادر). ولنتذكر أن معظم الأحجار النيزكية المريخية تعتبر صغيرة العمر نسبياً، ولكن إلى ALH 84001 يترسخ عمره واصلًا إلى ٤,٥ بليون سنة مضت، وبما ليس بعيدًا من تاريخ تشكل المريخ ذاته.

وقد وجه الباحثون جل اهتمامهم للخدوش فى الحجر النيزكى. وفى النهاية فإن شيئاً - من المحتمل أنه قريب من تصادم كوني - قد فرق نسيجه لدرجة معينة، وأذابه مرة ثانية، ولكن جزئياً خلال عملية التصادم. ولتحديد متى حدث ذلك، فقد عمد الفريق إلى مقاييس مقدرة بعناية لعنصر البوتاسيوم ٤٠، وهو نظير مشع نشط يتفكك تدريجياً فى غاز الأرجون Argon، ولأنه غازى الهيئة، فإنه يتسرب من الصخور النسيجية (الشبيهة بالنسيج)، ولكن يبقى محصوراً فى شكل

متماسك Solid. والمزيج المتصل من البوتاسيوم والأرجون يمكنها على هذا النحو في تحديد الوقت الذي برد فيه الحجر من الصدمة التي أحدثت تلك الصدوع فيه. وكانت النتيجة أن البرودة فيه وقعت منذ حوالي أربعة بلايين من السنين. وترجع أهمية هذه الشروخ في الحجر إلى أنه يقع في عمق ثناياها حبات رقيقة من الكربونات مثل الحجر الجيري. وبالنسبة لجيولوجي، فإن الكربونات لها نوبات تقصد فيها الماء. وكان السؤال المحوري هو: هل هذه الكربونات قد تسلت للصحرة أو الحجر أثناء وجوده في ثلوج أنتاركتيكا أو أنها جاءت معه من المريخ؟ وبعد قليل، كانت الإجابة في المتناول عبر عمر ذلك المخزون. ولو أن المسألة تعتبر مطاطية جدًا، فقد تراوحت بين ١,٤ و ٣,٦ بليون سنة. إلا أنها كانت كافية للقول بأنها قبل مجيئه لكوكب الأرض.

ومن ثم كان واضحًا أن الـ ALH 84001 كانت له حياة كاملة، بالمقارنة الحديثة، منذ فصله تصادمًا كونيًا عن كوكبه الأم: المريخ. ولكي يصلوا إلى تاريخ هذا الفصل عن الكوكب فقد درس الفريق تأثير الأشعة الكونية على الحجر النيزكي. والمواد في الفضاء يصيبها بشكل دائم وإبل من العناصر الفائقة السرعة، القادمة من الشمس ومن المجرة ككل. وهذه الأشعة تنتج نظائر جديدة في المواد. وبقياس وفرتها فإنه يمكن تقدير مدى الوقت الذي تعرضت فيه الأشياء للأشعة الكونية. واتحصرت الإجابة في حوالي ١٦ مليون سنة، وعليه فقد قضى ALH 84001 طوال هذه المدة في الفضاء قبل أن يصل لكوكب الأرض. ولتحديد متى بالضبط تم نفع الحجر، بعيدًا عن المريخ، فقد احتاج العلماء لتحديد متى وصل بالضبط لأنتاركتيكا. وقد استخدم في هذا نظير الكربون المعتاد. ثم كمية من النظير النشط إشعاعيًا كربون ١٤ «C¹⁴» قد تشكل بواسطة الإشعاع، حينما كان الحجر في الفضاء، وبعد سقوطه على سطح كوكب الأرض توقف إنتاج هذا النظير. وبقياس الكم المتسرب منه، يمكن تحديد وقت وصوله للأرض، وتمثلت الإجابة في حدوث هذا منذ ١٣٠٠٠ سنة. وهكذا فقد استقر في الثلج من دون أن يقلقه أحد منذ تقريبًا ١١٠٠٠ سنة قبل الميلاد، حتى التقطته روبرتا سكور عام ١٩٨٤.

وتركزت دراسة علماء هيئة ناسا على مادة الكربونات المميزة في الحجر. وعرفوا أن تلك العناصر الرفيعة قد تمدهم بمفاتيح مهمة عن الأحوال فوق المريخ منذ مدة طويلة مضت، وكشفت الأبحاث المقربة عن طبقات من الفقايع تصل من ٢٥ نانوميتر (واحد من المليون من المليمتر) حتى ١٠/١ من المليمتر من الحافة للحافة، حاصرة مادة الحديد الثرية التي تحوى كبريتيد الحديد وشكلاً من أشكال أكسيد الحديد المعروف بقدرته على الجذب، وكل هذه المعادن يمكن إنتاجها منفصلة، بواسطة عمليات كيميائية مختلفة، ولكن وجودها مندمجة في موقع واحد، كان مما يثير الانزعاج. ما الذى صنعها على هذا النحو؟ وبعد كثير من التفكير المعتبر بدأ علماء ناسا في تأطير حدس جرىء: هل من الممكن أن تكون حبيبات الكربونات تلك قد صنعتها عضويات حية؟ ونعترف أن تلك كانت نظرية ضارية، ولكن هل جاء الحجر من كوكب الأرض، حيث هذا النوع من الحبيبات المعدنية التي رأوها يمكن نسبتها بشكل جاهز للأنشطة الميكروبية؟

كانت الأبحاث تحتاج إلى مراجعات احترافية: قليل من العلماء قد يكتفون بهذه الحبيبات المعدنية كدليل على وجود حياة، وهكذا لجأ ماكاي وفريقه لشيء مختلف تماماً من الكيمواويات المسماة هيدروكربونات شاملة، ذات رائحة **polycyclic aromatic by drocarbonate**، واختصاراً PAH، وهى جزيئات كثيرة الحلقية ومعروف بأن أشكال الحياة المتفسخة تنتجها. وبحث العلماء عنها باستخدام مقياس الطيف، وقد كوفئوا بوجود آثار لها. وقبل الاحتفال بهذه النتيجة، احتاج العلماء للتأكد أنها لم تغز الحجر أثناء وجوده فى أنتاركتيكا. وقد اختبروا ذلك من خلال فحص توزيع الـ PAH فى الحجر النيزكى، ووجدوا أن تركزها يتجه إلى داخل الحجر، وهو عكس ما يتوقعه المرء من كونها قد غمرته من الخارج، والأكثر من ذلك أن الأحجار النيزكية الأخرى فى أنتاركتيكا لا تحوى هذه الكميات من الـ PAH. لقد كانت هذه بمثابة ضربة هائلة، ولكنها قصرت عن أن تكون دليلاً على إثبات، أن حشرات مريخية كانت تعمل فى الحجر. والمشكلة تتمثل فى أن الـ PAH، ولو أنها من صنع العضويات الحية، إلا أنها أيضاً يمكن أن تكون

من صنع عمليات غير عضوية. وبالطبع فقد وجدت في أحجار نيزكية عادية وحتى في الفضاء البين نجمي. وعلى ذلك فإن وجود الـ PAH في الـ ALH 84001، هو مما يؤثر الاقتراحات، ولكنه يبقى غير حاسم. وحتى لو ثبت أن الـ PAH قد جاءت من المريخ، فإنها يمكن أن تُنتج بواسطة عمليات غير بيولوجية، أو أنها جاءت من الفضاء.

ومع ذلك فقد كان هناك سبب ثالث جعل فريق ناسا يشك أن عضويات حية، قد سبق أن عاشت في الحجر المريخي، وكانت هي الأكثر درامية على الإطلاق. فقد أظهر ميكروسكوب أليكتروني قوى أن آلافًا من النقاط الأنبوبية الشكل، تبدو ملتصقة بالحبيبات الكربوناتيّة. وهذه النقاط تبدو لكل الناس كأنها باكتيريا أرضية. بينما ذهب ماكاي وزملاؤه إلى نتيجة، مؤداها أنها ليست أكثر من أحافير مريخية - (القشور المتحجرة للميكروبات التي عاشت على الكوكب الأحمر منذ أكثر من ٣,٥ بليون سنة مضت)، ولو كان هذا الكلام صحيحًا فمن الضروري أن تكون أول كائنات في التاريخ ترى الطبعة المبدئية لشكل من الحياة مُغاير وغريب.

وقد أعلن فريق ناسا عن إنجازهم للأدلة الثلاثة للعامة، بحيث أصبح الأمر معروفًا للجميع، في أغسطس ١٩٩٦. وكانت النتيجة اشتعالًا للإحساس العالمي مع شعارات، رفعتها الميديا حول العالم مع تغطية تليفزيونية نشرت الأخبار على مدى واسع. والرئيس كلينتون بنفسه واجه الصحف وأعطى بركته وموافقته على الأبحاث التي أجريت. وأعد نائب الرئيس آل جور Al Gore سيمينارًا «للتطبيقات» في البيت الأبيض، وعلّق القادة الدينون على الأمر دون إسراف، مشيرين إلى مدى ما يعنيه حياة فضائية غير أرضية للأمور الدينية. ومن ناحيتها رفضت هيئة ناسا الغبار عن خططها الاستكشافية، كما راجعت ميزانياتها. ونشطت شبكة الإنترنت نشاطًا بالغًا فيما يتعلق بالمعلومات العلمية والتعليقات الجاهزة، كما تم النقاط الصور وتوزيعها الخاصة بـ ALH 84001، والتي استخدمت في مئات من المحاضرات التي يغلب عليها الارتجال.

ولقد علمت بالأخبار فى البداية بأسلوب جاد، حين استيقظت من النوم صباح يوم ٧ أغسطس لأجد رسالة بالفاكس موجهة لزوجتى من أحد معارفنا بإنجلترا، يسألها عما إذا كنت فى زيارة للندن فى هذا الوقت، وذلك حالما استمعت المتسائلة لحديث لى فى إذاعة BBC عن الحياة فى المريخ. وإزاء ارتباكى فى مواجهة الأمر نحتت الرسالة جانباً وتوجه عطفى لمشاهدة تليفزيون الصباح الأسترالى. وتبين لى تأكيداً، وبدرجة كافية، أن القصة الكبيرة لناسا قد نشرت التقرير. وعلى التو أدركت ما حدث، وكان على أن أبتسم ساخراً. حيث كنت لعدة شهور ألقى محاضرات وأجرى مقابلات تليفزيونية حول العالم عن إمكانية أن الميكروبات داخل أحافيرها، قد وصلت لكوكب الأرض قادمة من المريخ (والعكس أيضاً) عبر الأحجار النيزكية. وبالتالي فإنه بعد نشر القصة الكبيرة لناسا، عمدت الإذاعة البريطانية BBC إلى وسيلة حرفية اصطناعية بإذاعة حديث معى، كان مسجلاً حول الموضوع قبل عدة أسابيع من معرفة أيتا - أنا والإذاعة - لأى شىء عن نتائج ناسا الجديدة. وللأسف فقد كان الإعلام الأسترالى أقل مهارة. فقد كان فريق تصوير تليفزيونى من هيئة الإذاعة الأسترالية / **Australian Broadcasting Corporation (ABC)** قد زارنى، وذلك قبل شهر مضى، وتحدثت إليهم عن السيناريو الخاص بالحجر النيزكى، وحتى إننى رفعت أمام الكاميرا قطعة من الحجر النيزكى المعثور عليه ببلدة نخلة بمصر، مصطنعاً ما يشبه النكته بأننى ربما يصيبنى تلوث ما جراء ذلك، وبالمصادفة كان مقرر لإذاعة هذا اللقاء يوم ٨ أغسطس، ولكن الـ **ABC** كانت قد قررت قطع الجزء من الحديث المتعلق بالميكروبات فى الحجر النيزكى المريخى، بسبب أنها كانت خيالية جداً، أو لأنها أعتبرت مثيرة للملل. وفى الوقت الذى أعلنت فيه ناسا عن نتائجها تلك، كان قد أصبح صعباً إعادة الجزء المحذوف مرة أخرى وفات أوانه.

ومن المسائل المسلية أو المثيرة، كنتيجة لمقابلاتى التليفزيونية، التى بشرت بالموضوع هى قصة الديدان البيضاء **white worms**؛ فى يناير ١٩٩٦ حضرت

مؤتمراً في لندن كانت القائمة عليه مؤسسة سيبا "Ciba Foundation". تحت عنوان «التطور في الأنظمة البيئية الحرارية على الأرض (والمريخ؟)». Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars) وبسبب الاختصار الصحفي، فقد قدم البعض منا مداخلات عن، لماذا نعتقد أن الحياة على المريخ تشبه أكثر أن تكون راجعة إلى الأحجار النيزكية المريخية، والنظم البيئية المتعلقة بالمداخل السوداء على الأرض، بما فيها من ديدان أنبوبية الشكل، وعندما ظهرت في تليفزيون الـ BBC في الليلة نفسها، طُلب مني الحديث عن اكتشاف الديدان البيضاء على المريخ! وقد بذلت جهدي في توضيح القصة، ولكن لم أذهب بعيداً تماماً. ولفزعى فإن نتائج ناسا عندما أعلنت، فقد تمّ التوسع في أن الميكروبات الأحفورية تشبه الديدان البيضاء.

ولركوب موجة السعار التي سادت الإعلام في هذا الشأن، فقد ظل ماكاي وزملاؤه في حالة هدوء، ومتبهمين إلى أن النتائج السابقة للعلماء قد أعلنت في نفس ظروف الجعجة التي صاحبت الإعلان الأخير، و فقط ليصير التراجع عنها فيما بعد. ولذلك كانوا معنيين بالضغط على أن العلامات التي عثروا عليها في الحجر النيزكي تفتقد الدليل على أن كانت هناك مرة حياة على المريخ. وأنهم مجرد مصرّين مع الحدس القائل بالأصل البيولوجي المريخي. لقد كانت هناك حاجة لمزيد من العمل، وتجميع المزيد من المعلومات وعينة واحدة جديدة تعود بها إلى المهمات للمريخ سوف تجعل الأمر مؤكداً. ولكن وجهة نظرهم، أن الحياة على المريخ هي التفسير الأكثر احتمالاً لكل الحقائق.

وأخيراً ظهرت النواحي الفنية المعثور عليها في مجلة العلوم Science^(١٢). وقبل أن يجف الحبر كان التراجع المفاجئ والعنيف قد أخذ طريقه للظهور. حيث أبدى الخبراء تقديرهم النقدي للعمل: لا يمكن التحكم بدقة أو تماماً من أن التلوث قد وقع في كوكب الأرض بواسطة الـ PAH، وأن الأحافير الظنية تلك كانت أصغر كثيراً من أن تصبح بقايا باكتيريا، وأنه لا باكتيريا قد عثر عليها في عملية تقسيم

حبيبات الكربونات وهى مخزونة فى ظروف حارة جداً، بحيث تسمح بالحياة. هذا وقد اعتقد بعض المعلقين أن فريق ناسا كان محظوظاً بالنسبة للشك فيه. «لقد قضيت كل حياتى العملية بحثاً عن أحفورات لميكروبات الأرضيا على الأرض، ولم أجد أبداً ولو حصّة منها» هكذا علق لى شخصياً أحد الجيولوجيين المتخصصين فى البحث عن الأشكال القديمة، ويدعى مالكولم والتر **Malcolm Wolter** مضيفاً. «بينما عثر هؤلاء الرجال على أحافير ميكروبية مريخية بين عينات عشوائية مكونة من مجرد اثنى عشر حجراً!».

وبالتأكيد فإن الحجم الصغير جداً للحفائر هو اعتراض قوى. لأنه بمقياس ٥٠ نانومتر، فإن الميكروبات الأتوبية تصبح أصغر بمعدل مائة مرة من معظم الباكثيريا الأرضية. إنها بالفعل متناهية الصغر والسؤال حولها يكون: إلى أى مدى يصبح شىء بهذا الصغر، أى شىء، قابلاً للحياة على الإطلاق؟ ولو كانت عضويات قاعدية للدنا. فلا بد أنها تحتضن أو تستضيف ١٠٠٠ زوج قاعدى فى جيناتها وحتى هذا، فهو يتجاهل وجود أى نوع آخر من البناءات، مثل جدران الخلية والذى يقدر بـ ٢٥ نانومتر فى الباكثيريا الأرضية من حيث تخانته. هل تستطيع الميكروبات المريخية المزعومة أن تقوم بالعمليات المعدنية المفترضة، ووظائف التمثيل الغذائى الأخرى بواحد فى المائة من المتاح فى حياة الباكثيريا الأرضية المألوفة. ينفى معظم الميكروبيولوجيين ذلك. بينما يوافق كل من روبرت فولك **Robert Folk** وليولينش **Leo Lynch** من جامعة تكساس بمدينة أوستن، والذين ادعيا بأنهما اكتشفا أشكالاً من الميكروبات ذات الطبيعة المعدنية والتى سميت بـ: اللا باكتيريا **nonbacterial** هنا على الأرض، والتى يصل مقياسها من الجانب للجانب إلى ١٠٠ نانومتر^(١٣). وادعاؤهما ذاك شبيه بما قام به فريق فنلندى **Finish** اعتقدوا بأنهم استطاعوا عزل نانوباكثيريا من الدم البشرى^(١٤).

وكان أكثر التحديات جدية للتفكير البيولوجى بشأن ملامح أو سمات الـ **ALH 84001** هو ما قام به كل من رالف هارفى **Ralf Harvey** من جامعة كيس

ويسترن Case Western University وهارى ماك سوين Harry McSween من جامعة تينيسى. فقد عمد هذان الجيولوجيان المميزان إلى فحص ذلك الحجر النيزكى، وانتهيا إلى أن المادة الكربونائية قد حُفِظَتْ أو خُزِنَتْ أو ترسبت فى درجة حرارة تبلغ على الأقل ٢٥٠ درجة مئوية، وهذه الدرجة من الحرارة من شأنها أن تدمر فوراً حتى الميكروبات الأشد تطرفاً فى نزوعها للحرارة الشديدة. ولكن فريق بحث ناسا واجه ذلك الاعتراض بقياسات نسبة النظير الأكسجيني بقولهم إن درجة حرارة التخزين أو الترسيب لم تتجاوز ٢٥٠ مئوية، وربما كانت أقل من ذلك بكثير. وللأسف، فقد تعرضت تحليلاتهم لبؤرة من الشك بسبب إمكانية فقد النظير الأوكسجيني المشتعل فى الفضاء. وحتى وقت كتابة هذا، فإن هذا التعارض أو التناقض لم يجد حلاً له.

ومع ذلك فلم يكن كل العلماء متشككين، فقد حدث أن فريقاً من الباحثين فى الجامعة البريطانية المفتوحة Britain's Open University، أشاروا إلى أن فريق ناسا لم يكن أول من أعلن أو نشر دليلاً على نشاط بيولوجي فى الحجر النيزكى المريخي. حيث فى عام ١٩٨٩ قدم كل من أيان رايت Ian Wright ومونيكا جريدى Monica Grady وكولن بيلينجر Colin Pillinger تقريراً بتحليلاتهم لحجر نيزكى مريخي أنتاركتيكي آخر EETA79001. ووصف العلماء الإنجليز، كيف عثروا على مادة عضوية «بتعذر تمييزها عن محتوى العضويات الأرضية، وذلك فى أعماق ذلك الحجر. وهو حجر يقل عمره عن ٢٠٠ مليون سنة. وهذا الذى عثروا عليه لا يدل بالضرورة على الحياة، ولكنهم استخلصوا وبمعرفة فعلية أن «التضمينات، أو ربما التوريطات بشأن دراسات المريخ تعد من الأمور الواضحة»^(١٥).

الطاعون القاتل القادم من الكوكب الأحمر:

ربما ينحو التاريخ إلى اعتبار يوم ٢٠ يوليو ١٩٦٩ كواحد من أهم أيام القرن العشرين، وهو اليوم الذى ترجلت فيه أقدام بشرية فى عالم آخر غير عالمنا،

ولكن عندما عاد كل من نيل أرمسترونج **Nail Armstrong** وبز ألدرين **Buzz Aldrin** وميشيل كولنز **Michael Collins** من رحلة القمر بعد أيام قليلة من هذا الترحيل. لم يتم الترحيب بهم مباشرة بالقبيلات والأحضان. وإنما تم الدفع بهم ربما بخشونة إلى دولاى محمول بغيض الهيئة على سطح السفينة **USS Hornet**، وتم تركهم للتلويح للنظارة فى العالم من شباك هذا الدولاى. وكان الهدف من هذه الإجراءات الاحترازية غير العادية هو تحقيق الحجر الصحى على الرجال وحمولتهم من أحجار القمر بعيدا عن عالمنا البشرى. ولو أن قليلاً من العلماء يعتقدون فى الميكروبات القمرية. إلا أن ناسا لم تشأ ترك أى فرصة أو مغامرة لانتلاق أى وباء مميت. وفى واقعة زيارة القمر، فقد كان سطحه من أكثر البيئات عمقا وجديا، ولكن ظلت كل قواعد الحجر الصحى مكفولة لكل باقى مهمات أبوللو **Apollo**.

وعندما - وبالتعبية - أملت ناسا بأصابعها فى الحياة على المريخ من خلال مهمات فايكنج، فقد تقلصت تعليمات الحجر الصحى من أجندة ناسا. ومع ذلك فقد تصاعدت مرة أخرى أصوات المهتمين بالأمر. ولو أن هناك حياة فوق المريخ، واستطاعت ناسا إرسال مهمة بشرية إلى هناك، فماذا سيكون عليه الحال، لو أن رجال الفضاء قد عادوا ومعهم حشرات مريخية خبيثة أو سامة؟ من يدري كيف ستكون تبعات ذلك؟ لأنه بالنظر لخشونة بيئة المريخ، فإن ميكروبات المريخ ربما تنتشر كالنار الضارية فوق كوكبنا المتوازن والمستوى. والبشرية ربما يلهب ظهرها بواسطة مرض فضائى غريب وغير قابل للشفاء، أو ربما تتأثر بدورها، وبشكل قاس، محاصيلنا الزراعية، وبما يقود إلى مجاعة. والأكثر غمرا من ذلك، فهو أن تزدرد أو تلتهم هذه الحشرات المريخية مواد كيميائية حيوية كالنيتروجين، وبالتنريج تقوم بتجويد كوكبنا من هذه المادة، وبما يؤدى إلى موت محقق أيضا.

وهناك بالتأكيد أشكال من الدروس - غير المسرفة - من الأرض. حينما أطلق المقيمون الإنجليز الأرانب فى أستراليا، فقد أنشأوا بذلك بيئة مُدمرة. أما الميكروبات غير الأرضية، فيمكنها أن تبرهن على ما هو أكثر إماتة بكثير. وهذه

المخاوف ربما توضع قريباً تحت الاختبار. وأنا هنا لا أقترح مهمة بشرية للمريخ، لكي تصبح معرضين للعدوى الفضائية ومخاطرها. ذلك أن عودة مجس غير بشرى من هناك - وهو مرحلة متقدمة من خطط البحث المريخي - يمكن أن يأتي معه بصخور خطيرة من على سطح المريخ، حاملة معها عضويات حية أو جراثيم هامة، أو في حالة سكون مؤقت.

ولو أن بعضاً من قصص الخيال العلمي قد قامت على تيمة الأمراض الفضائية المهلكة، فاتحة بذلك الذهن أو مبشرة بتفشي وباء مميت. فقد تجاهل العلماء هذا المشهد باعتباره نوعاً من الإتجار بالرعب. وقالوا بأن الميكروبات الفضائية يبدو أنها تختلف بشكل جذري عن العضويات الأرضية لدرجة أنها لن تشكل أى تهديد حقيقي. والحكمة الصحية تستدعي القول بأن أخطر الميكروبات هي تلك التي تتشابه مع مضيفيها في البيئة العضوكيميائية الواحدة. وكان من رأى البيوفيزيائي توماس جوكس Thomas Jukes من بيركلي Berkeley أنه «ليس ثمة سبب لافتراض أن العضويات المريخية، سوف تستخدم الأحماض الأمينية، أو الشفرة الجينية اللتين تستعملهما الحياة الأرضية»^(١٦). فالميكروبات المريخية تستخدم نظاماً مختلفة جذرياً، لدرجة أنها لن تتعرف علينا وتميزنا كأحياء. وأشار جوكس إلى أنه لا أحد بمنجى من وباء يأتينا من أنتاركتيكا، مدلاً على ذلك بقوله: «أن الانعزال الفاصل يقلل أى خطورة من هذا النوع عبر تسببه في التطور النوعي». وهكذا استنتج جوكس أن الميكروبات أو الجراثيم المريخية ربما تكون حميدة أو أقل ضرراً من مثيلتها في أنتاركتيكا.

ولكن من الأفضل أن تبقى في أمان مما لو أصبحت أسفاً على شيء. وفي هذا المجال فقد قررت هيئة ناسا منذ زمن طويل أنها سوف تتجنب العودة بأى جراثيم فضائية. وثمة تقرير عن السياسة المستهدفة في هذا الشأن يقول: «يجب أن تكون الأرض محل حماية من أى مخاطر محتملة من أى شيء غير أرضي تحمله سفن الفضاء العائدة من كوكب آخر... السيطرة على الحياة للعضوية والتلوث

البيولوجي اللذين تحملهما سفن الفضاء سوف يتم الترتيب لها^(١٧). ومنذ فترة أكثر قرباً عمد «مجلس إدارة الجمعية الوطنية لدراسات الفضاء» National Research Council's Space Studies Board إلى توجيه هدف لمجموعة بحثية ترأسها كلود كانيزاريس Cloude Canizares، والذي جاء تقريرها بعنوان العينات العائدة من المريخ: موضوعات مبدئية وتوصيات Mar's Sample Return: Issues and Recommendations، وأوضح أن الخطر الواعد أو المحتمل لتأثيرات ضارة ليس عند درجة الصفر، كما شملت التوصيات عدداً من مقترحات الأمان. وعلى سبيل المثال: العينات العائدة من المريخ عبر سفينة فضاء لا بد من التعامل معها على أنها مصدر محتمل للمخاطر إلى أن يتم إثبات عكس ذلك، ويشمل ذلك سطح سفينة الفضاء، الذي كان مكشوفاً أمام بيئة المريخ والذي يجب تعقيمه قبل عودته للأرض^(١٨).

لعله من الأسهل القول بأن ذلك قد تم. ولكن العمليات التعقيمية الفعلية كانت أشبه بإشكالية بعيدة التعقيد، لأن إطلاق كيماويات أو إشعاعات سامة على العينة أو موضعها في حرارة عالية جداً؛ كل هذا قد يدمر جدواها العلمية. أما اقتراح المجموعة بتغطية السطح الخارجي لسفينة الفضاء العائدة من هناك بمادة تتميز بتقنية حرفية عالية، لكي تلهب هذا السطح في الفضاء، فقد بدا اقتراحاً مُحطماً من الناحية الإيجابية. والمقترح الأكثر عملية هو تعريض السطح الخارجي للمركبة لإشعاعات شمسية فوق بنفسجية. ومع ذلك فإنه لم يتم التوصل بعد لمنهج تعقیمی محدد.

طلب التقرير ذاته أيضاً أن يتم إعداد وسيلة للحجر الصحي الآمن قبل عامين كاملين على الأقل من رحلة المريخ، وأن يكون المسؤولون عنها نخبة من الخبراء، بدءاً من إخصائيي الميكروبيولوجيا، وانتهاءً بعلماء الأرض. وبصفة مبدئية، فإن أى عينات عائدة من هناك سوف تزن كيلوجرامات قليلة، بحيث يمكن إخضاعها لعملية تعقيمية واحدة درءاً للتلوث. سوف لا يكون هناك مرور بالقرب

من قطع الصخور المريخية من قبل المهتمين والباحثين المعمليين لمجرد إرضائهم بمثلما حدث مع العينات القمرية. وسوف يتم تصوير العينات بالأشعة، بحثاً عن علامات نشاط بيولوجي. وشرائح رقيقة من الأجساد البشرية، وأى عضويات أخرى، سوف يتم تعريضها لمواد من أجل اختبارها باثولوجيًا أو أى مما يعرضها للأمراض، وللأسف فإن التكاليف الباهظة للإمداد بتسهيلات آمنة بشكل كامل بأمل إقصاء جميع المخاوف المحتملة قد تكون عائقاً جدياً. هذا وقد فكر بعض العلماء فى بناء معمل خاص بالتلوث فى مدار كوكب الأرض.

وجون رومل John Rummel، البيولوجى البحرى فى وودز هول Woods Hole وضابط الحماية الكوكبية السابق بهيئة ناسا، كانت وظيفته تتحصر فى التأكد من أن سفينة الفضاء قد لوثت بغير قصد المريخ بحشرات أرضية، وبمعنى عدم إطلاق حشرات مريخية حرة على الأرض. وعليه فهل كان قلقاً بشأن التهديد بعدوى مميتة نأتينا من العينات الصخرية؟ ولقد أخبر أحد الصحفيين مؤخراً بأنه، ولو أنه من المهم أن نتصرف هيئة ناسا بمسئولية، فإن أى ميكروب مريخى سوف يجد صراعاً يائساً لو أنه قام بتلويث البشر المحبوبين عنه تماماً، لأنهم من وجهة نظر الحشرات، سوف يكونون غرباء عنه تماماً. «أنا لست متأكداً أن أى شىء، يمكن أن يتواجد على المريخ، ربما يُشكّل أى تهديدات للأرض» هكذا كان قوله^(١٩). مكرراً به مناقشة أو جدل جوكس «إذا كنت كبشر قد تلوثت بشىء عضوى مريخى فربما سأكون الوحيد»^(٢٠). وقد وافق على ذلك ضابط الحماية الحالى بهيئة ناسا ميشيل ماير Michael Meyer. «المتفق عليه أن استحضار شىء قد يلوث البشر، هو عملياً صفر»^(٢٠)(*) . وكان جوكس أكثر تقاضاً، معتقداً أن المخاطر قد بولغ فيها. وذلك حين أعلن: «ليس ثمة عدل أو تقويم عادل لصرف أموال للحجر الصحى على العينات المريخية العائدة من أجل حماية الأرض»^(٢١).

(*) وهذا التنزيل جاء مكرراً أيضاً فى الكتاب، ولكن هذه المرة، لأن مصدر التصريحات هو المتحدث نفسه. (المترجم).

ولو أن معظم العلماء يستخفون بالرسائل الخطية أو الرسمية عن خطر الجراثيم المريخية، فإن الأمر قد برهن على أهميته بالنسبة لاهتمامات الناس. وبعض المجموعات أصبحت فى مربع أو زاوية التحديات القضائية. ويقول ماير «أنا لست قلقاً بشأن الباثولوجى، وإنما يتمثل أكثر كوابيسى شدة فى حشد من المحامين ينجحون فى وقف المهمة، لأنها لم تأخذ فى اعتبارها تلك الإمكانية»^(٢٢). وقد وافق على قوله روميل الجيوكوكبى فى هيئة ناسا والخبير فى وجود حياة على المريخ جاك فارمر Jack Farmer بقوله: «مسألة الحماية الكوكبية يمكنها أن تمثل مارداً نائماً، وبمجرد إستيقاظه، فقد يمكنه أن يقرر مستقبل مهام استكشاف المريخ»^(٢٣).

وبالرغم مما تم من عناية كبيرة لتقليل مخاطر التلوث البين كوكبى، يبقى التهديد قائماً بأنه لن يمكننا عمل شئء حياله على الإطلاق. الحجر النيزكى المريخى ALH 84001، جاءنا بلطف من الطبيعة الأم. وليس ثمة مهمة قام بها بشر ومرتفعة التكاليف ولا خطاف آلى كنا فى حاجة إليه، ليحضر هذا الحجر إلى الأرض. هذا والمجموعة المعروفة من الأحجار النيزكية المريخية لا تمثل إلا شريحة رفيعة من ملايين الصخور المريخية التى سقطت على الأرض، والتى ستستمر تسقط مستقبلاً، وبعض التقديرات ترى أن كمية المواد المريخية التى تضرب الأرض قد تصل إلى أكثر من مائة طن فى السنة. ولو أن ماكاي وزملاءه لم يكونوا على خطأ فيما ذهبوا إليه من أن الـ ALH 84001 قد أتت بأحافير ميكروبات مريخية إلى هنا، فماذا لو أن أحجاراً نيزكية أخرى قد أحضرت ميكروبات حية؟

لقد سنلت مراراً خلال العام الماضى بواسطة أجهزة الإعلام، عما إذا كنت أعتقد أن من سمات ذلك الحجر أنه مُرصَّع بالفعل بالباكتيريا المريخية. والسؤال يبدو عادلاً ولكنه فعلياً يفتقد المعنى فى توجيهه. وكما يقال إن الدليل هو أمر نسبى. وكما افتقدت قولة ماكاي وزملائه للبرهان، فإن نتائج عملهم من المحتمل أن يتم

تقويمها في ضوء ما نعرفه بالفعل فيما يشبه الحياة فوق المريخ^(٢٤). وإذا ما كانت الحياة فيما يفترض معظم العلماء، هي نتاج لواقعة غير متوقعة، فإن فرص بدء حياة مستقلة على المريخ تكون لا نهائية. (باعتبار أننا كوكبان اثنان في نظام شمسي واحد). وبالنسبة لبعض العلماء فإن العلامات في الحجر النيزكي ليست مؤثرة أو مثيرة للإعجاب إلى هذا الحد. ولكن من الناحية الأخرى، لو أن أحدا كان معقولا في تسبب الاعتقاد بأن ثمة حياة على المريخ منذ ٣,٦ بليون سنة مضت، فإن الدلائل التي قدمتها هيئة ناسا تكون بالضبط من النوع المتوقع العثور عليه. ولن يستغرق الأمر كثيرا لإقناعي بأن الـ ALH 84001 يحتوى على أحفورات حقيقية، لأننى أعتقد بدورى أنه كانت هناك حياة على المريخ من ٣,٦ بليون سنة ماضية. والسبب فى ثقتى بهذا المعتقد، لا يرجع إلى اعتقادى بأن الحياة ظهرت من خلال حساء مريخى بدائى (وربما تكون كذلك)، وإنما بسبب أن الكواكب لم تكن أبداً محجوبة عن بعضها الآخر.

- (١) المريخ وقنواته "Mars and its Canals" لـ: برسيفال لويل "Percival Lowell" (١٩٠٦-١٩١٦) (Macmillan, New York, 1906, p. 376).
- (٢) أعلنت ناسا NASA عام ٢٠٠٠ عن دليل أتت به مجسمات للمريخ (سيرفيور) Mars Global Surveyor عن أن المياه فاضت في المريخ، ربما في إحدى المرات الغابرة، وذلك بسبب سلسلة الارتفاعات المتطاولة في الوسط من القاع والمدى أو النطاقات المرتفعة للنصف الجنوبي من المريخ، والمتكونة جميعاً من الناحية الجيولوجية في وقت متقدم جداً. (انظر في ذلك: دليل على أرض مائية تشكلت قريباً من الثلج الذائب على سطح المريخ "Evidence for Recent Groundwater Seepage and Surface Runoff on Mars" لـ: م.س. مالين "M.C. Malin" وك.س. إيجت "K.S. Edget". (Scinece 288, 2330 (2000)). وفيما بعد كشف المجس (أوديسا) الذي يدور مع مدار المريخ عن علامات لذرات هيدروجين موجودة في التربة المريخية، وكان أفضل تفسير لها على أنها ترجع لجزيئات ماء في الجلاميد السرمدية. وبجمع ذلك مع الدليل على وجود مياه ثلجية في الطبقات القطبية تصبح كلتاها مدعمتين لوجود مياه وفيرة في المريخ، ولو أن معظمها في شكل ثلج. ومع ذلك فإن تفسير وجود القنوات على المريخ كنتاج لمياه سائلة، قد قابله من ناحيته نيك هوفمان Nick Hoffman، من جامعة لاتروبي، Latrobe بأستراليا بتحدٍ واضح والذي نسب هذه الملامح (القنوات) إلى طبقة طينية خفيفة متكونة من الترسبات وثاني أكسيد الكربون الغازي القوام. انظر: الأخاديد القطبية النشطة في المريخ "Active Polar gullies on Mars" لـ: نيك هوفمان (Astrobiology 2 (2002)).
- (٣) ثمة إشارة عن تنفق نهري من خلال فوهات براكين في الأودية المسماة Valles Marineris. كما وردت معلومات من (Pathfinder) تقترح نشاط بركاني قريب.

(٤) ثمة آمال بريطانية انتمت على 2 Beagle، دافع عنها من الأرض كولن بيلينجر "Colin Pillinger"، من الجامعة المفتوحة "Open University" والتي ظهرت كجزء من مهمة إيسا المريخية "ESA's Mars Express mission" وسوف تشمل متقبا سيخترق التربة المريخية، ومن ثم قد يحمل مفاتيح عن الحياة من تحت سطح أرضه القريبة.

(٥) انظر على سبيل المثال: إمكانية وجود نظام بيئي كيميائي التركيب للقائنين تحت سطح أرض المريخ "On the Possibility of Chemosynthetic ecosystems in subsurface habitats on Mars" لـ: بينيلوب بوستن "Penelope Boston" وميخائيل إيفانوف Mikhail Ivanov وكريستوفر ماك كاي "Christopher McKey" ولتقدير مبسط وميسر انظر لنفس المؤلفين «في ظل ما هو غير محتمل الحدوث: الحياة تحت الأرض في المريخ "Considering the Improbable: Life underground on Mars".

(Icarus 95, 300 (1992)).

(٦) استطاع تيموثي كرال Timothy Kral من جامعة أركانساس "Arkansas" في فايتيفيل "Fayetteville" أن ينمي بنجاح كائنات ميثانية في ظل الظروف المريخية في قنينة Vessel حملت اسماً درامياً «حجرة أندروميذا» "Andromeda Chamber" والتي احتوت جواً معبأً بثاني أكسيد الكربون والهيدروجين. وبذلك يُفترض أن الهيدروجين ينطلق أو ينبعث من الطبقة تحت سطح الماء في المريخ بنفس الطريقة التي تحدث على كوكب الأرض.

(٧) البحث عن الحياة فوق المريخ "The Search for life on Mars" لـ: كريستوفر ماك كاي (Origins of Life and Evolution of the Biosphere 27, 263 (1997)) ولنظرة مبسطة وميسرة انظر: (Astronomy, August 1997, p. 38)، كما أن هناك إمكانية أيضاً أن الصخور المدفونة في الأغشية الثلجية قد تنفث أثناء النهار ولذا ابت طبقة رفيعة من المياه تحت سطحية والتي قد تدعم الحياة لفترات قصيرة.

(٨) لمراجعة قريبة لمشاهد استكشاف آثار حياة على المريخ انظر: البحث عن الحياة على المريخ "The Search for Life on Mars" لـ: مالكولم والتر "Malcolm Walter".

(Allen & Unwin, Sydney 1999)).

(٩) محتويات الغاز النبيل من الشيرجوتيتات Shergottites، وتطبيقات عن الأصل المريخي للحجر النيزكي "SNC".

Noble gas contents of shergottites and Implications for the maritian 'origin of SNC meteorites لـ: د.د. بورجارد D.D. Bogard، و ل. إى نيكويست L.E. Nyquist و ب. جونسون "P. Johnson" وجيوشيم كوزموشيم "Geochim Cosmochim". (Acta 48, 1723 (1984)). ولتقدير مبسط وميسور انظر: حجر، قنف به من بين الكواكب "A stone's throw from the planets" لـ: أندرو تشيكن "Andrew Chaikin". (Sky and Telescope, February 1983, p. 122).

(١٠) إفادة من دانييل س. جولدنغ مدير هيئة ناسا.

"Statement from Daniel S. "Golding, NASA administrator". (NASA News, Johnson Space Center, Press Release, 6 August, pp. 96-159).

(١١) مصدر الـ "The Source of ALH84001" لـ: دافيد ميتلفيلدت "David Mittlefehldt".

(The Planetary Report 17, 5 (1997)).

(١٢) البحث عن الحياة السابقة على المريخ: إمكانية وجود بقايا لنشاط بيولوجي فى الحجر النيزكي المريخي "ALH84001".

Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001 لـ: د.س. ماك كاي "D.S. McKay" وآخر (Science 273, 924 (1996)، وثمة مراجعة قريبة فى: حالة وجود حياة على المريخ "The case

for life on Mars' لـ: إيفريت جيبسون 'Everett Gibson' وآخر
(Scientific American 277, 36 (1997)).

(١٣) الدور الممكن للنانو باكتيريا (البكتيريا المتقزمة) في الأوجال المعدنية الثنائية التكاث،
وأهمية إعداد العينات في دراسة SEM المبالغ فيها أو المُعظّمة.

The possible role of nanobacteria (dwarf bacteria) in claymineral 'diagnosis, and the importance of sample preparation in high magnification SEM study' لـ: روبرت فولك 'Robert Folk' وليوليش "Leo Lynch" (Journal of Sedimentary Research 97, 583 (1997)). ومنذ فترة
أكثر قرباً ادعى فيليب أووينز Philipp Uwins وزملاؤه من جامعة كوينز لاند
'Queensland' بأنهم تمكنوا من عزل عضو حي نانوي الحجم: انظر عضو حي نانوي
جديد في الحجر الرملي الأسترالي "Novel nano organism from Australian sandston" لـ: فيليب يووينز وريشارد ويب 'Richard Webb' وأنتوني تايلور
'Anthony Taylor'. (American Mineralogist 83, 1541 (1998)).

(١٤) النانو باكتيريا في الدم هي أصغر وكيل استيلادي ناسخ مستقل على الأرض
'Nanobacteria from blood, the smallest culturable autonomously replicating agent on Earth' لـ: أولافي كاجاندر 'Olavi Kajander' وآخر.

(SPIE (The international Society for Optical Engineering 3111, 420 (1997)).

(١٥) المواد العضوية في الحجر النيزكي المريخي "Organic Materials in a martian meteorite" لـ: آي. ب. رايت 'I.p. Wright' وم.م. جرادى 'M.M. Grady' وس.ت.
بيلينجر "C.T. Pillinger" (Nature 340, 220 (1989)).

(١٦) دروس من التطور: السيطرة على المخاطر "Lessons from evolution: ruling out danger" لـ: توماس جوكز 'Thomas Jukes'. (The Planetary Report 14, 14 (1994)).

- (١٧) ستجدها في: إلى حيث لم يذهب أحد: ما الحماية للكوكبية على أى حال؟ "Where no one has gone before: what is planetary protection anyway?" رومل "John Rummel" وميشيل ميير "Micheal Meyer". (The Planetary Report 14, 5 (1994)).
- (١٨) عودة عينة مريخية: أفكار مبدئية وتوصيات "Mars Sample Return: Issues and Recommendations" لـ: كينيث نيلسون "Kenneth Nealson" وآخر. (National Academy Press, Washington (1997), p. 3).
- (١٩) مقابلة مسجلة مع تيم رادفورد "Tim Radford" من الجارديان "Guardian" (U.K) في العام ١٩٩٦.
- (٢٠) اقتباس من: الكون الطبيعي The natural Universe لـ: رايدر ميلر "Ryder Miller". (Mecury 26, 28 (1997)).
- (٢١) انظر للتنزيل رقم ١٨ نيلسون وآخر، ص ١٥.
- (٢٢) انظر للتنزيل رقم ٢٠.
- (٢٣) لاكتشاف دلائل في المريخ عن حياة قديمة أو حالية قواعد المهام المعتمدة على الروبوت أو القائمة على الإنسان "Exploring Mars for Evidence of Past or Present Life: Roles of Robotic and Human Missions" لـ: جاك د. فارمر "Jack D. Farmer" وهو تلخيص لبحث تم تقديمه في مؤتمر «الأصول» الذي انعقد في حديقة إستس "Estes" بكلورادو في مايو ١٩٩٧.
- (٢٤) هذه الفكرة الخمسية يمكن مساواتها مع ما يسمى قاعدة بيز "Bayes rule"، والتي تعود عادة على الدلائل المقدم في المحاكم. وعلى سبيل المثال افترض أن متهما قد حُوكِمَ واقترب من الحكم بأنه مذنب، ثم تم تقديم طبعة إصبع إضافية للمحكمة، وتم اطلاع المحكمين

Jury أن فرص بصمة الإصبع القائمة على المصادفة هي عشرة إلى واحد. فإن هذا سيكون كافياً لإدانة المتهم. ومن الناحية الأخرى إذا بدا أن المتهم اقترب من البراءة. وبصمة الإصبع كانت أقل قيمة أو أهمية فستكون من المغالطة التوصل لنتيجة في حالة العشرة إلى الواحد تلك بأن هناك ٩٠٪ من الفرص للإدانة. المميزات من اللازم موازنتها بالاحتمالات الأولية للإدانة قبل أن تتم حوسبة الأرجحية الكلية. وفي حالة الحياة على المريخ، فإن الاحتمال المبدئي يتنوع برامياً من الاقتراب بالطبع إلى الصفر إلى حد شيء قريب من الواحد، اعتماداً على افتراضك حول «الديدان في كل مكان» **"Panspermia"** (انظر: الفصل التاسع).

الفصل التاسع

«بانسبيرميا» (*) Panspermia

دعنا نتخيل موقعًا في عمق الفضاء الخارجي، على بعد سنوات ضوئية من أقرب النجوم. وكل ما حولك هو هاوية مما كان قبل تشكُّل الكون، مظلمة إلى حد السواد ودرجة الحرارة تحوم حول ما هو أكثر بقليل من الصفر المطلق، يمتد فيها الفراغ أو الخواء الغائر في كل الاتجاهات، ولا يشغله سوى القليل من البذرات المتناثرة، وقليل أيضًا من الإشعاعات الكونية الصدفوية والسريعة الزوال. وفي وسط هذا الفراغ الفسيح، ومن دون توقع، وجدت حبة أو ذرة منفردة من مادة، وصغيرة جدًا إلى الحد الذي لا تلاحظها فيه العين المجردة. وتجدها مندفعة دونما يعوقها شيء في عبورها للمجرة من دون هدف محدد تصبو إليه. وحتى لو تيسر لك استخدام ميكروسكوب قوى فلن تثيرك، حيث ستبدو لك كبقعة من التراب. والواقع أن هذه البقعة الترابية ليست مجرد تراب، وإنما هي بوغة بكتيرية، وذلك من خلال بحث أكثر قريبًا.

وهذه البوغة لا تظهر علامات واضحة تشير إلى الحياة، فهي داخل غطاء غليظ يحميها. ستجدها هزيلة متخلصة من الماء بعنصرية وفي حالة ساكنة، إنها مجرد جزيء قادر فقط على الحركة في مثل هذه البرودة الكثيفة. وهي في حالتها تلك قد تعرضت لإشعاعات كافية لقتل آدمى، وما هو أقوى من الآدمى لأكثر من ألف مرة. ومع ذلك وعلى نحو مباشر فهي ليست ميتة، كما لا يمكن واقعياً

(*) ويسمى بها التعبير الذي نحتة الكيميائي السويدي سڤانت أريهنيوس Svante Arrhenius،

بما يفيد: «البذور في كل مكان»، وسيلي شرح النظرية في ثلثيا الفصل (المترجم).

إعتبارها حية كذلك، فهي لا تفعل شيئاً سوى الانتظار. وهى ربما تنتظر بليون عام، بل ربما للأبد. ولكن هناك فرص لا نهائية العدد بأنها ستصل يوماً ما إلى كوكب فيه ماء سائل. وحينئذ وفجأة بعد ألف ألف عام من الكسل الذى لم يقلقه شئ، فإن البوغة سوف تعود من مثل هذا الشبيه بالموت، حيث روحها البكتيرية سوف تبدأ فى الاهتزاز، وبناك ذاكرة المعلومات الجينية فيها سوف يستشعر الدفاء، وسوف أيضاً تعود دورة التمثيل الغذائى فى مباشرة وظيفتها وعلى الجملة سوف تستعيد حيوتها الكاملة مرة أخرى. وعند حدوث ذلك، فسوف تبدأ فى مضاعفة ذاتها مرات ومرات، كما كانت من قبل خلودها للسكون. فالكوكب الجديد سيكون عامراً بما يساعد على تخصيب الحياة. وهو أيضاً ربما يكون بالذات كوكب الأرض.

ذلك السيناريو قد لا يكون قابلاً للتصديق بالكامل على الأقل ظاهرياً. لكن حديثاً أخذ على محمل الجد عبر عدة تجارب استهدفت اختبار جديته. ففكرة أن العضو الحى يمكنه أن يتكاثر عبر الفضاء سواء بالطريقة التناسلية أو الأسلوب اللا تزواجى، كانت طويلاً فى الأذهان. ففي عام ١٨٢١ اقترح «سبيلز جيون دى مونتليفو» Sales- Gyon de Montlivault أن بذوراً جاءت فى الفضاء هى التى قدحت زناد الحياة. وبعده بقليل اقترح الفيزيائى الألمانى «ه. ريختر» H.E. Richter أن الأحجار النيزكية أو المذنبات التى تماسّت مع أجواء الكواكب ربما تكون جرفت معها أنظمة ميكروبية طافية فى تلك الأجواء ونقلتها إلى كواكب أخرى.

وباستدارة القرن العشرين طور الكيميائى السويدى سفانت أرهينيوس Svante Arrhenius هذه النظرية من خلال مزيد من التفاصيل. فقد اقترح أن البواغى المنفردة الباكترية تستطيع أن تطوف فى الهواء حول المجرة وهى مغمورة بطبقة رقيقة، ولكن متراكمة من ضغط ضوء النجوم. والأرض الناشئة أو الوليدة فقد غمرتها فيما يشبه المطر هذه البواغى الساكنة أو الهامدة

ولكنها مازالت قابلة للحياة من جديد، وربما برهنت الأرض على أنها هدف مرغوب لهذه الحشرات الفضائية، وذلك بمجرد أن برد سطح الأرض بدرجة كافية. وقد سمى أرهينبيوس هذه النظرية بـ: بانسبيرميا **Panspermia**، يريد بها أن البذور في كل مكان^(١). وهى الفكرة التى روجت مرات عديدة منذ نشر المفهوم الرئيسى لها.

وحتى الآن فى هذا الكتاب فقد افترضت أنها مهما كان اللايقين بشأن «أين» و«كيف» فإن جذور الحياة ترجع للأرض. ولكن هل نحن متأكدون من ذلك وكيف نتأكد؟ وحقيقة أن الحياة قد أنشأت نفسها على كوكب الأرض بعد قليل من تحول الظروف إلى شىء مرغوب، هذه الحقيقة جعلت البعض يقترح أنها لا بد جاءت من الفضاء الخارجى، وأن الإحياء النشوى الحقيقى قد حدث فى مكان ما آخر فى الكون.

البقاء حيًا فى الفضاء:

هل من الموثوق به أن العضويات الحية تستطيع أن تبقى حية خلال رحلة فى الفضاء؟ من الصعب جدًا أن يكون الفضاء الخارجى بيئة مريحة للحياة. فإلى جانب الفراغ القاسى والضغط المنخفض، فهناك الإشعاع: والذى يتضمن الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، وبروتونات عالية السرعة من المتوهجات الشمسية، والأشعة الكونية. وهذه الظروف سرعان ما يتضح أنها مهلكة لأى شكل من أشكال الحياة المعروفة. ومع ذلك، وبالرغم من تلك المخاطر، فليست كل النظم الحية تلقى منيتها من فورها وبسرعة فى الفضاء الخارجى. فالباكتيريا مثلاً لها قدرات أسطورية على البقاء، وعليه فهى تظهر سهولة فى التكيف والحركة الارتدادية للحياة بعد همود، مهما طال وقته فى مثل هذه المشارطات الفضائية.

وقد استخدم العلماء من المعهد الألماني لطب الفضاء German Institute for Aerospace Medicine تقرير هيئة ناسا «مدى إمكانية التعرض الطويل» Long Duration Exposure Facility لمعرفة ماذا يحدث للعصويات الرقيقة *Bacillus subtilis* ^(٢)، ^(٢) في الفضاء. فقد مكنت سلسلة من الفلاتر العلماء من الاختبار المنفرد لتأثيرات الفراغ الفضائي، والأشعة فوق البنفسجية الشمسية والكونية فضلاً عن الأشعة الكونية ذاتها. وباسترداد العينات من التجارب على تأثير الفراغ الكوني فلم يبق قابلاً للحياة إلا ما يصل إلى ٢٪ فقط من الخاضعين للتجربة. وبوجود طبقة من السكر والملح أضافت تحسناً على المشهد. وبالنسبة لاختبار جميع أنواع الإشعاعات فلم يبق قابلاً للحياة سوى ١ من كل ١٠,٠٠٠، ولو أن ما عليها من حجاب (الكيس الذي يغطيها) قد حماها من الأشعة الفوق بنفسجية الشمسية على نحو هائل.

ومن ناحيتهم، فقد أثبت أيضاً العلماء في اليابان أن الكثير من الميكروبات الجزيئية من خلال تجارب معملية مشابهة صممت على أساس مشابهة الظروف الفضائية لمدة ٢٥٠ سنة ^(٣). فقد أحكموا غرفة فارغة تماماً على بواغ من «العصويات الدقيقة»، وقاموا بتبريدها إلى درجة ١٩٦ مئوية وأمطروها بوابل من البروتونات السريعة من خلال مولد من نوع «فان دي جراف» Van de Graaff لمدة ٢٤ ساعة متصلة، فوجدوا أن نصف العينات فقط هي التي تحملت البقاء في ظل هذا الانقراض الضاري، بينما ذهب السبق لصالح نوع من فيروسات الدخان الشبيهة بالفسيفساء، حيث بقي حياً منه في نهاية التجربة ما يقرب من ٨٥٪ من الفيروسات.

(*) ويطلق هذا الاسم على الجرثوم الدقيق الذي يشبه العصا في شكله، وجمعه عصيات أو عصويات وهي المسببة لالتهاب القولون والأمعاء والملتحمة، وعندما يطلق كلمة *Bacillus* وحدها دون تحديد فتعني مجموعة من ثلاث، الجمرة الخبيثة *anthracis* والشمعية *cereus* وتلك الموضحة أعلاه (المترجم).

كما ذهب كل من بيتر ويبر Peter Weber ومايو جرينبرج Mayo Greenberg من جامعة ليدن Leiden بالأراضي الولاية (هولندا) إلى بحث^(٤) تأثيرات الإشعاعات فوق بنفسجية (وهي أكثر أشكال الأشعة إهلاكاً في الفضاء)، حيث قاما بتبريد البواغى فى غرفة خالية أيضاً إلى درجة ٢٦٣ مئوية تحت الصفر (بالضبط أعلى من درجة الصفر المطلق بعشر درجات)، وذلك لخلق الشبه بينه وبين برودة الفضاء العميق، بينما وجهوا إليها حزمة من الأشعة فوق البنفسجية تصدرها لمبة خاصة. وفيما يعادل حالة التعرض لضوء نجمى لمدة ٢٥٠٠ سنة، قتلت ٩٩,٩ فى المائة من العضويات الحية. ومن الغريب ما بدا من أنها تميل للبرودة، حيث تزايد مدد بقائها بشكل ملحوظ فى درجات الحرارة البين نجمية.

مثل احتمال هذا الأثر الإشعاعى يتيح معنى للتطور، ما لم تكن الحياة قد قضى عليها عبر إشعاعات «عنق الزجاجة» بما يعنى ظروفًا صعبة فى مرحلة من مراحل الماضى. وإذا كانت بعض الميكروبات قد أُجبرت على التكيف مع هذه الإشعاعات الشنيعة للفضاء الخارجى، فإن مثل تلك القدرة قد تكون باقية فى عضويات يومنا هذا.

وقد سجل «هويل» Hoyle وويكراماسنجى Wikramasinghe حالة باكتيريا من النوع الكروى الشكل النزاع للإشعاعات Micrococcus radiophilus^(٥) والتي لديها مقاومة مذهشة للإشعاعات، والتي أظهرت آلية خاصة لإصلاح شرائط الدنا، والسابق تأثرها بشدة من جراء أشعة إكس^(٥). وهذه الكروبات الصغيرة الماهرة تشبه كثيراً أن تكون من نتاج بيئة بين نجمية.

ومهما كانت القوى المدهشة اللازمة لمقاومة التدمير الإشعاعى، فإن فرص بقاء ميكروب حى فى رحلته بين النظم النجمية سوف تكون متزايدة، لو أن الأشعة كانت محبوبة عنه ولو جزئياً، ولو أيضاً بطريقة

(*) وهى: عضويات ميكروبية بالغة الصغر ذات شكل كروى (المترجم).

مبرقة. وقد اقترح ويبر وجرينبرج أن الميكروبات قد اعتلت إحدى السحب البين نجمية والتي يمكن أن تمثل لها نوعًا من الحجاب أو الوقاية. ومثل هذه السحب مألوفة فيما بين الخراعين اللولبيتين للمجرة، وفيما بين كل قليل من عشرات الملايين من السنين يمر النظام الشمسى عبر واحدة منها. والميكروبات الموجودة فى أعلى الغلاف الجوى للأرض، يمكن لمثل هذه السحابة أن تكنسها أمامها، وربما تنتقلها إلى نظام نجمى آخر. ومن ثم، وعلى سبيل الإنطلاق فى المجال، فإن أى ميكروب غريب مقيم فى سحابة، ربما ينتقل إلى الأرض. ومن الناحية النموذجية، فإن السحب تتحرك بسرعة تقترب من عشرة كيلومترات فى الثانية، وهى بالتالى تستغرق ما يقرب من مليون سنة للمرور من نجم إلى نجم. وبالرغم من رقتها بالمقاييس المعتادة، فهى كبيرة الحجم لدرجة تستطيع بها أن تعوق الكثير من الإشعاعات. وأيضًا يستطيع أى ميكروب مطوف فى الهواء أن يلتقط الكثير من المتطائرات الأخرى، مثل الثلوج والعضويات فى أثناء مروره بها، مما يشكل بالنسبة له مزيدًا من طبقة الحماية. وقدّر كل من ويبر وجرينبرج أن هذا الغطاء التجميى يمكنه أن يحمى من الإشعاعات الكونية ويطيّل مدة بقائهم لعدة ملايين من السنين، وهو وقت كاف لبولوج نظام نجمى آخر.

والمشكلة مع البوغ المرتحل تكون لدى وصوله لنظام نجمى آخر فهو هنا سيتلقى جرعة ضخمة من الأشعة فوق البنفسجية، وإن لم يكن عليه غطاء مناسب من مواد قابلة للامتصاص، فسيفترب منه «الموت». ولذلك كان حدس^(٦). «بول ويسون» Paul Wesson، من جامعة واترلو بكندا، يتحصل فى أن الـ «بانسييرميا» قد تصل إلى مقرها الجديد وهى مغطاة بما يكفى من «السخام». وذلك أن النجوم خلال تقدمها فى العمر تنفث تيارًا من نقاط الكربون. والميكروب الملقى تحت رحمة الهواء فى الفضاء البين كوكبى يمكن أن يصبح - على نحو مفهوم - مرشوشًا بقاذورات أو أوساخ تكفيه لتخطى محنة الأشعة فوق البنفسجية.

وبالطبع فليس من الضروري لنجاح عملية الـ «البانسبيرميا» أن ينجو كل ميكروب فضائى يطوف فى رحلة ما بين النجوم، لأنه يكفى نجاح باكتيريا واحدة فى البقاء والعتور على كوكب مناسب ليكون بالنسبة لها موطنًا^(٧). لأن الحياة يمكنها أن تنتثر حول الكون لو أن الميكروبات قد ماتت رسميًا لدى وصولها. وطبقًا للنظرية العالمية للرناء، وطبقًا لتجارب «سبيجلمان» Spiegelman و «إيجن» Eigen، التى تناولتها فى الفصل الخامس، فإن «حساء» بدائيًا كيمائيًا يمكن أن يُقدح فيه زناد الحياة والتكاثر من خلال إعادة الطبع، لو أُضيفت إليه طبعة رنا مناسبة، ومجرد شريحة طويلة من الرنا ربما تعاود بدء العملية كلها الخاصة بالنشوء الإحيائى ولو بشكل بدائى: ومن الناحية التقنية فإن الحياة يمكن أن تنشأ مجددًا، ولكن بإضافة سوفت وير حيوى كجزء مُقدّم للعملية عبر الفضاء الخارجى.

ومع أن تلك الأفكار الخاصة بالـ: «بانسبيرميا» العارية تعتبر مثيرة ومسلية، فقد وجدت من الصعب أخذ النظرية بجدية. فى حين أن انتقال العضويات المعزولة والمعرضة بين الكواكب هو أمر ممكن نظريًا فإن الخلافات كثيرة ضدها. فالأمر لا يشبه الكثير من الحالة النموذجية أن ترتحل الميكروبات عبر المجرة فى وقت نجد فيه الإشعاعات بهذه الكثرة المهلكة. ومع ذلك فثمة طريق آخر للميكروبات لكى تقوم بهذه الرحلة بشكل آمن نسبيًا، وهو المتمثل فى أن يمتطوا حجرًا نيزكيًا.

هل جاءت الحياة للأرض عبر الأحجار النيزكية؟

فى عام ١٨٤٣، حصل الكيميائى جونز برزيلوس Jons Berzelius على عينات من حجر نيزكى سقط بالقرب من مدينة «آلى» Alais بفرنسا. وبعد أن أخضعها لتحليلات كيميائية مُدققة كتب تقريرًا عن محتوياتها. ونعلم أن معظم الأحجار النيزكية ذات طبيعة حجرية أو معدنية، ولكن برزيلوس رصد فيها وجود

مجمعات كربونية. والكربون قد يعنى أشياء عديدة، ولكن بالنسبة له فهو يعنى الحياة. وعليه فهل يتضمن كربون هذا الحجر الساقط فى فرنسا أن ثمة حياة فى غير كوكب الأرض؟ لقد ترك بزريليوس السؤال معلقاً، ولكن باحثين جاءوا بعده كانوا أكثر صراحة ومباشرة فقد استطاعت «مارسلين بورثيليت **Marcellin Borthelot** أن تعزل مادة شبيهة بالفحم (**Coal-like**) من الحجر النيزكى أوجويل **Orgueil** لعام ١٨٦٤ والذي كشف تحت الميكروسكوب عن حبوب كروية مغطاة بمادة كربونية، وهو ما ذكرها بأحفورات الخلايا الباكترية.

مع نهايات الثمانينيات من القرن الماضى أعلن بشكل مباشر الجيولوجى الألمانى «أوتوهان» **Otto Hahn** أنه اكتشف مدى عريضاً من أشكال الحياة الأحفورية المدفونة داخل عينات متنوعة من الأحجار النيزكية، ومنها المرجان **Carals** (*) مثلاً، ولم يؤخذ وقتها ادعاء هان فى الحسبان رغم ما له من تأثيرات. وقال النقاد إنه ربما ذهب بعيداً فى ملاحظته، حين عثر على بعض المعادن المتضمنة على نحو زائف ما يشبه الأشياء الحية، مثل الناس الذين يرون وجوهاً على الحجر وفى السحب، ومع ذلك فقد أمسكت فكرة أن الحياة جاءت على الأرض على قمة حجر نيزكى بأذهان العلماء العديدين، ولم تزل الدعاوى القائلة بوجود أو اشتغال الأحجار النيزكية على علامات للحياة مستمرة إلى اليوم.

ومثل هذه الدعاوى لا يمكن إخضاعها بدقة للاختبارات ما لم يحدث تقدم فى التقنية العلمية. ومع ستينيات القرن الماضى حث التقدم الهائل فى التحاليل الكيماوية كلاً من «بارثولوميوناجى» **Bartholomew Nagy** و«جورج كلوس» **George Claus** من أمريكا على إعادة النظر على حجر أوجويل **Orgueil** النيزكى. باستخدام مقياس طيف كبير، وأكدوا وجود مواد عضوية وتنوعاً من مركبات معقدة من الهيدروكربون. وكانت هذه هى مجرد البداية لأن ناجى وكلوس أبدوا أيضاً

(*) نزع من الحجر القرنفل اللون أو أحمر فى العادة، وهو الذى يتشكل من عظام الحيوانات البحرية الصغيرة، كما يسمى به نوع من أنواع السمك. (المترجم).

أنهما اكتشفا ما اصطلحا على تسميته «عوامل منظّمة» **Organized elements**، وأضافا إلى ذلك الخلاصة المؤثرة التي انتهيا إليها بأن المادة العضوية في الحجر النيزكي كانت تشبه أن تكون ذات أصل عضوي^(٨).

وكما هو متوقع، فقد أشعلت هذه التصريحات عاصفة من الانتقادات. فالهيدروكربونات تنوعت نسبتها أو إرجاعها للتلوث الأرضي أو العمليات الكيماوية الأرضية. وقد قُبِلَ كلاوس بتواضع بعض هذه الانتقادات، واتجه لإجراء مزيد من الدراسات. ولم يكد الحجر يستقر في مكانه حتى أتت ضربة الحظ في ٢٨ سبتمبر ١٩٦٩ حينما شوهد حجر نيزكي يسقط بالقرب من بلدة مورشيسون **Murchison** في الجنوب الشرقي من أستراليا. وحدث لهذا «الشيء» أن انفجر في قلب الهواء قبل وصوله، نائراً على الأرض الريفية العديد من الشرائح. وشرع السكان المحليون في التقاط قطع غليظة وغريبة المظهر من الأحجار السوداء، الصادرة عنها رائحة قوية نفاذة مشبعة بالميثانول. وسرعان ما أصبح ذلك مثاراً لاهتمام جون لوفيرنج **John Lovering** من جامعة ملبورن، والذي أبدى تقديره الفوري لطبيعة تلك المواد. لقد كان حجر مورشيسون ينتمي لنوع يعرف بالمعتمدات على الطبيعة الكربونية (أي يمثل الكربون عمودها الفقري) **Carbonaceous chondrites**، والذي يتميز بالثراء العضوي، ولذلك دامت الرائحة المتميزة حتى يومنا هذا.

ومنذ استعادة تلك الشرائح المورشيسونية، فقد صارت موضع إثارة الكثير من مشاهديها، وتم إخضاعها لمجموعة اختبارات توصلت لنتائج لا تخطئها العين أو العقل، فمن بين ما عثر عليه نوع من الأحماض الأمينية المستخدمة في الحياة الأرضية ونوع آخر غير ذلك. وهذا ما أبرز السؤال الواضح: هل هذه العناصر العضوية هي البقايا المتلاشية لعضويات من خارج الأرض؟ أو أنها شكل من أشكال العمليات الكيماوية البسيطة؟ وثمة عامل قد حُمِلَ على هذا السؤال، وهو اكتشاف أن بعض الأحماض الأمينية في ذاك الحجر لها محور يساري الموضع،

فوق اليميني الموضع للسكان الشمسيين. وكما شرحت في الفصل الثالث أن واحداً من السمات المميزة للحياة على الأرض هو صناعتها واستخدامها أحماضاً أمينية متنوعة، ولكنها يسارية المحور فقط، ومن ثم، فإن الخط الانحرافى ذاك فى الحجر النيزكى قد يجعلنا نفكر فى أصل بيولوجى، ومن الناحية الأخرى، فمن المعروف جيداً كعمليات فيزيائية (مثل الإضاءة بنور تم استقطابه) ما يمكنه أن يعزز تركيب الأحماض الأمينية يسارية المحور^(٩).

وقد أثبت حجر مورشيسوس شيئاً واحداً على الأقل. وهو أن هناك أشياء فى الفضاء محملة بنوع من المجمعات العضوية التى تحتاج لبدء الحياة. وهذا لا يتطلب «حساء» بدائياً على الأرض لتركيب «لبنات» بناء الحياة. هذه العناصر يمكنها فقط أن تسقط من السماء جاهزة الصنع.

هل أنت الحياة الأرضية من المريخ؟

بالرغم من أنني قضيت العمر فى مجال البحث العلمى، فلا أستطيع تذكر أكثر من ستة من الأفكار الجذرية الحقيقية، وقد كنت أحلم بدخول هذه الأفكار الجيدة بالتدرج إلى وعيى الذاتى، وتختمر فيه قطعة بقطعة أثناء استغراقى فى العمل. أما الكشف المفاجئ والومضات العمياء للبصيرة، فأعتقد أنها قليلة فعلياً فى المجال العلمى. وواحدة من اللحظات التى لا أنساها والتى حدثت لى فى يوليو ١٩٩٢، عندما كنت أتابع محاضرة يلقيها «لليود هاميلتون Lloyd Hamilton عبر مؤتمر أو لقاء أعدته «الجمعية المشتركة بين أستراليا ونيوزيلندا لتقدم العلم Australian and New Zealand Association for the Advcement of Science بمدينة برسبين Brisbane، وكان المحاضر يتحدث عن المناخ التحت أرضى، مناقشاً فى ذلك عمله عن العضويات التى تعيش فى الصخور الأرضية. وبعيداً عن موضوع المحاضرة، ولكن أثناءها، فقد خطر لى أن الأحجار الواضحة الصلادة

يمكن أن تعيش بداخلها ميكروبات، وإذا كانت الأحجار يمكنها أن ترتحل من المريخ للأرض (أو العكس) عبر حطام التصادمات الكونية، ومن ثم تصبح الميكروبات نوعاً من المقتبسات المُختصرة وتقوم بتلويث الكواكب خلال عبورها بينها. لأنها مع الأحجار كوقاء يحميها، فستكون رحلتها أقل تعرضاً للمخاطر، عما كانت عليه في نظرية «أرهينيوس»، وبصفة خاصة فإن الميكروبات ربما اجتازت الرحلة بين المريخ والأرض على هذا النحو. ولقد أبرزت الموضوع في شكل سؤال بنهاية المحاضرة، إلا أن اقتراحي بدا صعباً على نحو ما، وعليه لم تمتد المناقشة حوله. ومع ذلك استمرت في تطوير الفكرة خلال الشهور التالية، وتناولتها في محاضراتي بجامعة «ميلان» Milan في نوفمبر ١٩٩٣، ومرة أخرى كانت الاستجابة صامتة. ومن دون أى ترويع أو تنبيط للهمة ضمنت حدسي في كتابي الصغير «هل نحن وحدنا؟» Are We Alone، الذى نشر فى العام التالى. وبعد بعض الوقت اكتشفت أن «جاي ميلوش Jay Melosh من المعمل القمري الكوكبي Lunar and Planetary Laboratory التابع لجامعة أريزونا، قد وصل بشكل مستقل إلى نتيجة مشابهة^(١٠).

وأخيراً لم يعد هناك جديد تحت الشمس، وكنا أنا وميلوش أول من سلط الضوء على إمكانية احتمال سفر الميكروبات بين الكواكب داخل الأحجار المنفصلة عنها. وباكراً في ١٨٧١ لا أحد من العلماء سوى «لورد كيلفن» Lord Kelvin، كان قد أشار إلى أن تصادم جسم فى الفلك مع كوكب، ربما يخلق حطاماً كثيراً، وهكذا «من دون شك يتناثر فى الفضاء كثير من الشظايا الكبيرة والصغيرة، حاملة معها بذوراً ونباتات وحيوانات حية». وفى كلمته أمام الجمعية البريطانية British Association فى «إدنبره» Edinburgh^(١١) حدس كيلفن أن هذه الشظايا تصل أخيراً لكواكب أخرى و «تُعديها» بالحياة.

«لأننا واثقون أنه يوجد حالياً، وكان كذلك من أوقات أزلية، عوالم من الحياة إلى جانب حياتنا، فلا بد أن نلاحظ أنه من القابل للتصديق بأعلى درجة أن هناك

مالاً يعد، ويحصى من الأحجار النيزكية تحمل بذورًا تطوف حولنا عبر الفضاء، وفي اللحظة الحالية إذا لم تكن ثمة حياة على الأرض، فربما حجر ما يسقط عليها.. يؤدي إلى أن تصبح مغطاة بالحياة النباتية»، وإذا كانت الحياة بالضرورة تستطيع أن تُبَتَّ من كوكب لآخر، فإننا لا نستطيع أن نكون متأكدين أن الحياة الأرضية قد بدأت على الأرض. فهي على سبيل المثال قد تكون قادمة من المريخ^(١٢). فنحن نعلم أن الميكروبات الأرضية تعيش بالأعماق الصخرية. فلو أن هناك حياة على المريخ أيضًا، فيبدو أنها بدأت في شكل العضويات التي تتغذى كيميائيًا **chemotrophs** والتي تعيش تحت السطح. وعليه فإن الشظايا الصخرية المنفصلة عن المريخ عبر تصادم كوني معه ربما تحتوى على نظام ميكروبي فى داخلها وفى وثبتها مع الصخرة، فقد تتجح الميكروبات المريخية فى الانتقال لكوكب الأرض.

ولأول وهلة يبدو أن النظرية قد عانت من عقبة رئيسية: أليست هبة قوية يمكنها أن تدفع حجرًا ضخماً عن أمه إلى الفضاء سوف تثمر فوراً انسحاقاً لأى حياة ميكروبية داخل الحجر؟ والغريب أن الإجابة هى: لا، ذلك أن الميكروبات محمية لصغرها البالغ. وبوضع الأرقام فى المسألة فإن قوة تدفع صخرة من المريخ بسرعة هروب (٥ كيلومترات فى الثانية سوف تؤدي إلى تزايد تسارع الميكروبات إلى ١٠,٠٠٠ مرة من عجلة الجاذبية الأرضية)، وهذا الدفع الهائل بالتأكد سيسحق أى حياة ميكروبية. ومع ذلك فإن الأبعاد الرفيعة وحجمها الضئيل من المحتمل أن يجعلها تقاوم هذا التسارع الضخم والقوى وتترك المريخ دون أدنى ضرر يقع عليها.

ومع ذلك فثمة مخاطر جادة فى عملية الخَلْع هذه، فإن التصادم الكوني سوف ينتج صدمة موجية تضغط على جوانب الحجر. ومثل كل المواد، فإن الحجر يسخن أثناء انفصاله من وطأة الضغط، وحتى ضغط متواضع، سوف يرفع الحرارة إلى قيم أو مستوى مُهلك. وإلى وقت قريب افترض الجيولوجيون أن جانحة أو

زلزالاً قادراً على دفع الصخرة إلى مدار سوف تؤدي أيضاً إلى انصهارها. والتجارب العملية من ناحيتها أشارت إلى أن أى مادة منفصلة هكذا سوف تعاني من ضغط هائل - يعادل ضغطاً تطبيقياً يساوى ١,٥ ميجابار. ولكن اكتشاف الأحجار النيزكية المريخية أثبت أن هذه النظرة كانت خاطئة. ولو أن بعضها ظهرت عليه علامات لضغوط تسخينية متواضعة. والبعض الآخر قد هرب من المريخ دون أى اضطراب.

تعامل جاي ميلوش مع المشكلة: كيف لحجر يمكن دفعه إلى الفضاء عنوة دون أن يتشقق خلال العملية؟ ولجأ في ذلك لنماذج رياضية تفصيلية للتصادم الكوني ووضع الصورة التالية للأحداث. فى البداية سيقوم الكويكب أو المذنب الصادم بإحداث حفرة فى الأرض. والطاقة المحررة من هذه الضربة ستكون هائلة، لدرجة أن معظم أجزاء المصدام ستتبخّر. ومباشرة تحت نقطة الصفر فى الأرض، فإن هذه الطاقة سوف تقذف بالحجر وهو فى حالة انصهار أو تبخر فى معظمه كنتيجة متلازمة مع القذف. وبعدئذ تتوالد الموجة الضاغطة نائرة كل ما يحيط بها على الأرض وما فى أعماق الأرض فى الموقع، والطاقة المرنة أو المطواعة، سوف يتم تخزينها تحت سطح الصخور، كنتيجة لهذا الضغط وسوف تتحرر مرة أخرى بعد ارتداد الأشياء وارتطامها، وهذا ينشئ قوة رأسية هائلة أيضاً نحو الطبقات الأعلى. وعلى غير ما عليه الطبقات الأدنى، فإن صخرة على السطح لا يمكنها أن تتضغط، لأنها ستكون حرة فى الحركة لأعلى، والقوة الوحيدة التى قد تقف فى وجه ذلك هى قوة الضغط الجوى، والتى يمكن إغفالها أو التغاضى عنها. وهنا يقذف السطح المواد عالياً فى اتجاه السماء دون أن تتسحق، فسوف تطير مباشرة إلى الفضاء إذا ما كانت القوة بدرجة كافية. أما الحفرة التى أحدثها التصادم فليست أكثر من انبعاج فى الأرض كشق حفرة قوة الدفع العلوى المفاجئ، وسوف يكون أكبر مرات عدة من حجم المصدام نفسه. وكثير من المواد المحيطة بجوانب الفوهة، سوف تندفع عالياً بدلاً من قذفها لأسفل الحفرة بواسطة

الضربة. وإضافة أخرى: حيث سيتسبب الشيء القادم من إخلاء نفق ضخم فى الجو، بما سيؤدى بالصخور المدفوعة تلك، للاحتفاظ بحرارة من احتكاكها بالجو أثناء طيرانها. وقد ظن ميلوش أن الصخرة البعيدة عن المركز سوف تصعد أولاً كطبق من المواد، مدفوعاً من أسفل إلى أعلى، وبعد ذلك يتحول إلى شظايا. كما أشارت حساباته إلى أن حجم القطع يعتمد على الوزن الكلى للهبة. أما فيما يتعلق بعنف الانفجار، فإنه على الجملة، وإذا كان انفجاراً أكبر، فسوف يدفع أو يفصل شظايا أكبر. وتصادم كبير سوف يدفع بعدة ملايين من الصخور تصل مقاساتها إلى حوالى عشرة أمتار. وبعضها سوف يصبح ساخناً جداً، ولكن شظية جيدة، سوف تبقى حرارتها أقل من ١٠٠ درجة مئوية.

وربما يكون من المدهش أن ميكروباً داخل صخرة مريخية يمكن أن يدخل الفضاء، دون أن يقتله الانفجار أو الحرارة. ومع ذلك فإن مشكلة هذا الميكروب ستكون فقط قد بدأت. حيث بمجرد أن يتواجد فى الفضاء فإن حظه سيعتمد على المسار المنحنى الذى تتخذه الصخرة الحاملة له على متنها. كثير من الحطام المنفصل سوف يتجه إلى مدار حول الشمس. وذلك لأن الصخرة فى الفضاء البين كوكبى تكون خاضعة لقوى الجاذبية، ليست فقط الخاصة بالشمس وإنما بالكواكب أيضاً، وحركته تكون معقدة للغاية، وربما مشوشة. وأى صخرة مريخية تقترب من مدار المريخ حول الشمس، كما سوف تتلقى جذباً من الكواكب. وبعد عدة جذبات فقد تدفع الصخرة إلى الأرض أثناء عبورها المدار، أو تدفع إلى خارج منطقة النظام الشمسى، وإلى حيث تخضع لاضطرابات جذب الكواكب الأكبر. وقد تقضى الصخرة وقتاً طويلاً فى تلك الماكينة الدوارة الكونية، قبل أن يتحدد مصيرها النهائى.

ما الفرص إذن التى يتاح فيها للصخرة المريخية أن تصل إلى الأرض؟ فى حسابات كمبيوترية^(١٣). مؤخراً تبأت أن ٧,٥٪ من الأحجار المنفصلة عن المريخ سوف ترند فى النهاية إلى الأرض، ومثلها سوف يذهب إلى كوكب الزهرة. وأغلب

الصخور النيزكية (٣٨٪ منها)، سوف ينتهى مآله إلى الشمس، ثم ٩٪ منها سوف يعيد التصادم مع المريخ نفسه، أما الباقي بعد هذه النسب فسيُنجه إلى كوكب المشترى ثم يندفع بقوة إلى خارج النظام الشمسى ومن المفاجئ أن مدد إقامة هذه الأحجار النيزكية فى الفضاء كانت قصيرة، وحوالى أكثر من ثلث الأحجار النيزكية الواصلة لكوكب الأرض قد وصلتها فى أول عشرة ملايين سنة من نشوئها. وهذه النتائج قورنت بشكل جيد مع مواقيت الفضاء، والتي قد تقضيها فيه الأحجار النيزكية المريخية والتي يمكن قياسها من تعرضها للأشعة الكونية. وتتراوح هذه المقاييس من ١٥ مليون سنة لـ **ALH 84001** إلى حتى ٧٠٠,٠٠٠ سنة بالنسبة لـ **EETA 79001**، وبعض النيازك لا يمكنه تجنب وصوله لنا بسرعة إذا ما ترك المريخ فى سرعة وزاوية مناسبتين. ومن المسائل الظاهرة فقد لوحظ أنه ينتقل فى زمن يصل إلى ١٦,٠٠٠ سنة. وببساطة وعلى أساس إحصائى، فإن قليلاً من الصخور سوف يقطع المرحلة فى أقل من قرن من الزمن.

وأياً ما كان الميكروب الكائن فى الصخرة النيزكية، فإنه سيصل إلى الأرض فى حالة تسمح بالقابلية للحياة، لأن ذلك سيعتمد على قدرته على البقاء حياً طوال هذه الرحلة. وبالطبع لا نعرف شيئاً عن هذه الميكروبات المريخية المظنون بها، ولكن إذا كان هذا العمل البطولى شيئاً مما يقاس على الميكروبات الأرضية، فإنها يمكن أن تبقى لمدد طويلة. وعلماء الآثار الذين ينبشون المقابر تحت أرضية، يجدونها محتوية على بواغ ميكروبية، يرجع تاريخها إلى وقت إنشاء المقبرة. وثمة تقرير عن ميكروب **E-cloacae** عثر عليه فى الهيكل العظمى للمستودون **Mostodon** (*) عمره ١١,٠٠٠ سنة. وتحت ظروف عميقة التجمد يمكن أن تجد من تطول حياته عن ذلك عدة مرات. وكان كريس ماكاي **Chris McKay** قد اكتشف نظاماً ميكروبياً عمره ثلاثة ملايين سنة، مُحفظاً به فى الجلاميد السيبيرية **Siberian**. وثمة دعاوى مدهشة عن باكتيريا وجدت محفوظة فى

(*) هو حيوان يائد شبيه بالفيل. (المترجم).

مستقرات ملحية لعدة مئات ملايين السنين. وباكتيريا أخرى عمرها ٤٠ مليون سنة كانت قد أُقْلعت ورُقِّمت من نموذج حقيقى لحديقة جوراسيه Jurassic Park من داخل باكتيريا حُصِرَت فى الكهرمان^(١٤) amber.

وكان قد سئل الميكروبيولوجى البريطانى جون بوستيجيت John Postgate، والذى كان قد أجرى دراسة عن قابلية الباكثيريا للوفاة، سئل عن احتياج الباكثيريا للوفاة على الإطلاق^(١٥). عندما يصيبها الجوع من المواد المغذية لها، سرعان ما تصبح مسنة ويتعرض نظامها فى التمثيل الغذائى للتوقف، إنها تتكتمش فى الحجم على نحو دراماتيكى وتتوقف عن التكاثر. ولكنها ليس بالضرورة أن تموت بالمعنى العادى للكلمة، وإنما ببساطة ربما تتسلل أو تنزلق إلى حالة من تعليق الحيوية. فإذا تحسنت الظروف يوماً ما، فإنها قد تعود للحياة من هذا الموت الظاهرى، مثل أسطورة الجمال النائم Sleeping Beauties. ومن غير المعلوم عن منبّه داخلى يحدد «نقطة اللا عودة». وفى الواقع، فإن الغموض يكتنف ما الذى يحدد بالضبط ما إذا كانت بواغ معينة يمكنها أن تعاود الحياة من عدمه من تلك التجربة القريبة من الموت. وإذا لم يكن يحدث شئ فى داخلها، فما الخط الملعز أو المبهم الذى يعنى علامة على الموت، والذى يجب أن نتخطاه قبل أن تكون العودة للحياة ممكنة؟

دوام الباكثيريا لهذه المدد غير المسبوقة أو المألوفة، يفترض أن لا شئ يمكنه أن يحطم عدم قابلية حيوية الميكروب للتعويض أو الترميم - واحد من الأسباب المسببة للتحطيم هو الإشعاع. ومع أن الباكثيريا قد اصطنعت آلية لمواجهة مخاطر الإشعاع، فإنها لا تعمل وهى فى حالة السكون أو الهمود. لو أن دنا ميكروب هاجع قد تمزقت فإنها تبقى ممزقة. وبالنسبة لرحلة عبر الفضاء، فمن دون شك ستكون الإشعاعات من أكبر وأكثر المخاطر. ومع أن معظم الأشعة سوف تكون غير قادرة على اختراق صخرة. فإن الأشعة الفوق بنفسجية سوف تكون مستغرقة فى طبقة رقيقة، بينما كل الأشعة الكونية عالية الطاقة سوف تتوقف

عند حدود متر من سطح صخرة مصمتة. كما أن الصخرة نفسها سوف يتخلف منها نشاط إشعاعي ولكن، وكما رأينا، فإن الباكثيريا تدهشنا بقدرتها على مقاومة خطر الإشعاع. فإن الجفاف (استنزاف عنصرى الماء لإخلاء الشيء منهما) الذى لا مفر منه فى ظروف الفراغ فى الفضاء يبدو أنه يقدم حماية إضافية. وسوف يستغرق تعرض أى عضويات داخل صخرة كبيرة لجريمة إشعاعية مميتة مدى يصل إلى ملايين السنين^(١٦). وهو ما يزيد عما تستغرقه رحلة الصخرة من المريخ إلى الأرض.

وعامل آخر واجب الأخذ فى الاعتبار وهو البرد، ففى الفضاء البين كوكبى، فإن درجة الحرارة منخفضة. ولكنها ليست متطرفة الانخفاض، فيمكن للصخرة أن تظل دافئة بحرارة الشمس وحرارتها الداخلية سوف تصل فى أقصاها إلى - ٥٠ ° مئوية، وهذا مقبول تماماً، وبالطبع تُحفظ الباكثيريا فى ثلاجات درجة حرارتها أقل انخفاضاً بكثير، وعلى أى الأحوال فإن البرودة فى الفضاء الخارجى ستمثل ميزة إضافية فى مجال حفظ الميكروبات.

ولو أن الرحلة عبر الفضاء تبدو أقل تعرضاً للمخاطر، مما يبدو عليه الأمر من النظرة الأولى، فإن المحن أو البلايا التى تتعرض لها الميكروبات لن تتوقف بوصولها لكوكب الأرض، إذ يبقى عليها أن تتجنب موتها خلال اقترام الصخرة للهواء بسرعة عدة كيلومترات فى الثانية الواحدة. فمعظم الصخور النيزكية الصغيرة تحترق بالكامل فور اختراقها للمجال الجوى للأرض. ومع ذلك فإن صخرة حجمها من متر إلى عشرة أمتار فإنها تصل فى مسار منحني قليلاً إلى الأرض باعتبار قصة أخرى. لأن الصخرة سوف يتسبب احتكاك الهواء فى بطء سرعتها، وربما تنفجر فى قلب الهواء من تأثير الصدمة نائرة شظاياها فوق الطبقة العليا للجو، وسوف تسقط القطع المتناثرة إلى أقرب أرض لها كمستقر لنهاية رحلتها، والذى سيكون هبوطاً لطيفاً بالمقارنة. وهذا النوع من «البذر» سوف يتسبب فى ضياع حياة بعض الميكروبات فى وسط الهواء، بينما سيصل البعض

الآخر للأرض أو المحيط وهو مازال محميًا داخل الشظية الصخرية. وكثيرًا ما عُرف أن الكثير من الأحجار النيزكية قد سقطت علينا بهذه الطريقة. لأن الصخور هي عوازل جيدة للحرارة، وداخل الصخرة النيزكية سيظل باردًا حتى لو انصهر سطحها الخارجى بسبب الاحتكاك. وعلى الجملة، فكل هذه الظروف هي ظروف مناسبة كثيرًا أو قليلًا لنجاح نثر البنور لأى عضويات مقيمة.

وعند وصول الميكروب سالمًا، فإن المشهد العام للميكروب المريخى سوف يتوقف على الظروف التى سيواجهها. ومنذ ثلاثة أو أربعة ملايين من السنين، عندما كان المريخ يشبه الأرض، فإن عضويات مريخية سوف تجد فى الأرض ما يشبه الوطن بالنسبة لها، خاصة إذا ما سقطت فى البحر، حيثما ربما تحملها تيارات المحيط لتصل فى النهاية إلى فتحة بركان عميق فى المحيط قريب الشبه من موطنها فوق المريخ.

بعض الناس يرون أن سلسلة الظروف التى يحتاجها الميكروب المريخى ليصل سالمًا للأرض، قد امتدت حتى أصبحت فى حاجة إلى نوع من سرعة أو سذاجة التصديق وبدرجة كبيرة. بالتأكيد مع كل خطوة من الرحلة فكيف لكسره واحدة فقط كسرة رفيعة من الميكروب المدفوع ربما، أن تناضل للبقاء. لأنه ليس بالضرورة أن تكون الرحلة مريحة وإنما يكفى أن تكون قابلة للنضال من أجل البقاء. إن المسألة بحاجة لميكروب واحد من النوع الذى تقوم تغذيته على الكيماويات Chemo-troph من بين تريليون ميكروب مدفوعة، ينجح فى الوصول سالمًا إلى الأرض، وحينئذ سيصبح الباب مفتوحًا على مصراعيه لاستعمار كوكب الأرض. وواقعة تصادم كوني من النوع الذى برقش الأرض والمريخ بالحفر، سوف يتسبب فى العصف ببلايين الأطنان من المواد إلى الفضاء. وملايين من الصخور التى تبلغ عدة أمتار من الحافة للحافة، سوف تتناثر حول النظام الشمسى، والكثير منها مرشح لنقل الحياة. وإذا كان الصدام الكوني أكبر من ذلك، فسوف ينتج عنه حطام أكثر من ذلك، وعند نهاية فترة التصادمات الكثيفة، فإن الأعداد

ستظل أكبر. ومن الصعب إذن تجنب النتيجة القائلة بأنه إذا كانت ثمة حياة على المريخ منذ حوالي من ٣,٥ إلى ٤ بلايين سنة مضت، فلا بد أن هذه الحياة المريخية - وبشكل لا يمكن تجنبه - قد وجدت طريقها لاستيطان الأرض. وهذه الإمكانية قد توصل إليه تقرير أعده مجلس إدارة مجلس بحوث الفضاء الأمريكي "US National Research Council's Space Studies Board" عن العينات العائدة من المريخ "Mars Sample Return"، حيث ذكروا «الميكروبية الناجية من حجر نيزكي، حيث تتوفر لها الحماية الكافية من الإشعاعات، تبدو قابلة للتصديق، فإذا نجت فعلاً هذه النظم الميكروبية من ظروف الاندفاع وتوابع الصدام الكوني، فثمة سبب ولو ضئيلاً للشك في إمكانية قيام الظروف الطبيعية لما بين الكواكب بنقل حيويات أو عضويات (من نبات وحيوان) تلك الحقبة... وهذا التبادل لا بد أنه كان مألوفاً في تاريخ النظام الشمسي، حالما كانت درجات التصادمات الكونية أكبر بكثير»^(١٧). وأياً ما كان أى ميكروبات مريخية قد نجحت في استعمار الأرض بعد وصولها، فإن هذا أمر يختلف عما سنأتى إليه بعد قليل.

هل هناك سبب لتفضيل للمريخ على الأرض في اعتباره مهذاً للحياة؟ إن عاملاً واحداً يقترح أن تكون الإجابة بنعم. لأن نفس وابل التصادمات الكونية التسي وفرت آلية لنقل العضويات إلى الكواكب، هي التي هددت نجاتهم في موطنهم ذاته. وكما شرحت في الفصل الثامن، فإن تصادماً حقيقياً كبيراً سوف يتسبب في إجذاب وعقم الكوكب بأسره. وفي ضوء هذا، فإن المريخ ربما يبدو أكثر أماناً من الأرض. لأن حجمه الأصغر سيجعله أقل من أن يكون هدفاً لكويكب أو مذنب. لأن الجاذبية الأقل سوف تسبب بطناً في التصادم بما يقلل من المخاطر، وبما يسمح بتراكم المادة العضوية المفيدة. وبصفة خاصة، فقد ظل المريخ محتفظاً به للتصادمات الكبيرة التي أنشأت قمر الأرض. وحرارة نكون المريخ كانت أيضاً أقل من تلك التي أنشأت الأرض، وعلى الجملة، فيبدو واضحاً أن المريخ قد برّد بأسرع من الأرض، مما جعله كوكباً قابلاً للسكنى منذ ٤,٥ بليون سنة مضت. كما

أن برودة قشرة سطح أرض المريخ تعنى أيضاً أن المنطقة المريحة لميكروبات ما تحت السطح، سوف تذهب إلى عمق أبعد يزودها بملادات أو ملاجئ أفضل فى مواجهة لفحات الحرارة الناجمة عن التصادمات.

والمنطقة العميقة تحت السطح ربما لم تكن وحدها هى الملاذ من وابل التصادمات الكونية، الملاذ الآخر قد يكون الفضاء الخارجى لأن واقعة التصادم الذى سيجذب الكوكب، سوف يطلق كمية ضخمة من المواد فى المناطق المتصلة به والأمنة فى مداره - إذا كانت الميكروبات يمكنها البقاء فى الفضاء داخل هذه الصخور الشاردة، فإن بعضها يعود فى النهاية لإعادة نثر بذور الحياة فى الكوكب، بعد شفائه من آثار المحنة. ولأن المريخ له سرعة هروب أقل منها بالنسبة للأرض. فإن الميكروبات يمكن أن تقتلع بعنف أقل، ومن ثمّ يمكن للميكروبات أن تحيا. وحول نهاية فترة وابل التصادمات الكثيف، فلا بد أن المريخ قد غلفه تجمع أو حشد من الحطام الناجم عن كل ذلك، والذى يأتالى شكل ملاذاً لعدد كبير من العضويات السابق تعرضها للنفى.

لم يكن المريخ فقط مكان جيد لبدء الحياة، ولكنه أيضاً ربما كان المكان المفضل لها لتظهر عليه... ويشكك الجيولوجيون من جانبهم، فيما يتعلق بأن الحياة على الأرض لم تبدأ إلا بعد أن أصبح الأكسجين متاحاً فى الجو، أى منذ حوالى مليونين من السنوات الماضية، وعند هذه المرحلة كان هناك انقسام سريع فى الأنواع. ويبدو أن الأكسجين قد تشكل على نحو أسرع على المريخ، أى منذ مدة قصيرة نسبياً، تقترب من عشرة ملايين من السنين، بل ربما قبل نهاية عصر وابل الصدمات، حيث ظهرت حياة فى مستوى لم تكن متاحة الآن لعشرة بلايين أخرى من السنين^(١٨).

وإذا كانت الحياة قد نشأت بشكل مستقل على الأرض أو فى المريخ، فحينئذ عندما يصل الميكروب المريخى إلى الأرض فسيجد الحياة العضوية محبوبة ومستكنة فيها بشكل جيد. وسيكون الوافدون الجدد أنفسهم فى حالة تنافس مع

منافسهم الأرضيين. وربما يجد المريخيون أنفسهم، وقد قامت الباكثيريا الأرضية بالتهامهم فور وصولهم، وسيكون هذا بمثابة انحراف قاسٍ في أقدار الجِزْءِ التى تحلّى بها المسافرون عبر رحلتهم الطويلة. حيث قُنف بهم بقوة من جراء تصادم كوني إلى مدار ما، وناضلوا من أجل البقاء لملايين السنين فى الفضاء الخارجى، وتجنبوا الاحتراق عند إعادة الدخول، ثم كان حظهم وافراً عندما هبطوا بالقرب من مستقر مناسب، ثم يصبحون مجرد وجبة لمنافس يبحث عن مؤونة للغذاء، إذن سوف يصبح الوضع مثيراً لسخرية هائلة.

وثمة إمكانية لسيناريو آخر. بعكس هذه الحالة، يتمثل فى أن يقوم المريخيون بالتهام هؤلاء الأرضيين بدلاً من أن يزدردهم الأخيرون. وإن مرة أخرى فقد تسكن الميكروبات الأرضية والمريخية فى ملاذات أو كُوءات مختلفة، ويتصاحبان من ثمّ فى الوجود. وذلك إذا ما هبطوا فى موقع مختلف جذرياً من حيث كيميائه البيولوجية فقد يتجاهل بسعادة كل منهم الآخر. أو ربما يكونون^(١٩) متشابهين معهم ومن ثم يتعايشون فى تكافل symbiosis (مثل عندما تغزو الميتوكوندريا^(٢٠) المريخية مواطن الباكثيريا الأرضية). وربما على ذلك نكون أنت وأنا لدينا بعض الجينات المريخية فى أجسادنا! وربما أيضاً يجد المتطفلون أن الحياة بالغة الصعوبة على الأرض، ومن ثم يفشلون فى التأقلم فى وقت مناسب، ويموتون بعد محاولتهم الجريئة لاستعمار المكان، مثلما حدث مع السكان الأصليين لأستراليا منذ وقت باكر، والذين تجدهم الآن فى مواقع قليلة خلف وخارج المدن التى أنشئت بمعرفة المحتلين.

ومن المفهوم أن الميكروبات المريخية ما زالت توجد على الأرض فى شكل مستقل من الحياة. العلماء الآن قد بدأوا فى اكتشاف العدد الضخم من الحياة

(*) mitochondria عبارة عن مكونات دقيقة داخل الخلية ذات شكل كروى أو عصوى، كما تعتبر مراكزاً مهمة لتوليد الطاقة الناتجة عن أكسدة المواد الغذائية فى دوراتها وتسمى واحدها فى اللغة العربية «ميتوكوندريا». (المترجم).

الميكروبية التي تعيش حولنا. وحتى الآن فكل الذى تم اكتشافه يتصل بالحياة الأرضية، لكن يوماً سوف يتم اكتشاف حياة ميكروبية فضائية، ربما فى مكان غريب كان من المتعذر الوصول إليه، أو ربما فى أعماق ما تحت السطح، أو فى الطبقات العليا للجو، أو حتى تحت نهر جليدى متفجر من وسطه فى كل الاتجاهات فى أنتاركتيكا. وإذا كانت الميكروبات الفضائية تستخدم كيمياء حيوية مختلفة، فإن العلماء سيفشلون فى تحديدهم خلال البحث. ربما يكونون راقدين حولنا فى حالة همود أو تعليق، فى أشكال مثل البوغات، وغير قادرين على أى حيوية بسبب نقص عنصر مهم رئيسى لاستمرار حياتهم.

كل تلك الافتراضات السابقة هى مجرد تأملات محضة. كل ما نستطيع قوله على سبيل التأكيد إنه لو هناك توجد حياة ميكروبية مريخية حالياً أو كانت، فإن ميكروباً مريخياً قابلاً للحياة، سوف ينجح بالتأكد فى الوصول للأرض فى مرحلة ما من الأربعة بلايين سنة الماضية. وسواء تأصلت الحياة على المريخ، ثم انتشرت فى الأرض وكان ذلك على سبيل الحدس، فسوف يقودنا ذلك إلى فكرة فضولية: أنت وأنا وكل الأشياء الحية التى نراها حولنا، نكون قد تحدثنا من أجواء المريخ.

هل تذهب الحياة الأرضية إلى المريخ؟

إذا كانت الميكروبات تستطيع الترحال من المريخ إلى الأرض، ممتطية متن الصخور، فإنها أيضاً تستطيع أن تقوم بالرحلة العكسية أيضاً، أى من الأرض إلى المريخ. ولو أن الأرض لديها جاذبية أقوى، فلا بد كانت هناك صدمات كونية لها من القوة الكافية التى تستطيع أن تدفع بقوة شديدة مواد أرضية إلى الفضاء. ونحن نعلم أنه فى هذه الحالة فإن بعضاً من الصخور المنفصلة لا بد أن تكون محتوية على حياة ميكروبية. وإذا كانت ثمة حياة حقيقية على الأرض فى نهاية عصر وابل الصدمات الكونية، وكما تدل على ذلك الأحافير فلا بد أن أعداداً وفيرة من المواد

الحاملة للحياة، قد إنتقلت إلى الفضاء، بسبب التصادمات الكبرى التى كانت لا تزال تحدث قبل ٣,٨ بليون سنة مضت. وبعض من هذه المواد وصل بالتأكيد إلى المريخ، فى وقت كانت الظروف فيه تشبه تلك التى على الأرض. وعليه لا يمكن تجنب القول بأن الحياة الأرضية، قد وصلت إلى المريخ فى بعض مراحل تاريخه. ومما يكون قريباً جداً للأفهام أنه ما بين ٣,٥ و ٣,٨ بليون سنة ماضية كانت الظروف على المريخ تتناسب مع الحياة الأرضية المنقولة له، كيما تزدهر وتتمو. وهذا هو السبب فى تأكيدى من أنه كانت ثمة حياة على المريخ فى الماضى. وأنه ربما تكون كذلك فى الوقت الحالى.

وعندما ظهرت قصة الحجر النيزكى بمعرفة هيئة ناسا، فقد بدا أن المعلقين والعلماء قد قفزوا إلى نتيجة، مؤداها أن الحياة لا بد قد نشأت مرتين فى النظام الشمسى. وأخذت ملاح ALH 84001، وعلى نحو عالمى تقريباً على أنها دليل على أصل مستقل للحياة على المريخ. والنهايات الفلسفية الشهيرة التى سارع إليها كلينتون وآخرون بأن الكون يزخر بالحياة، وأن قوانين البيولوجيا تتصادق فى عملها عبر الكون، وتعتمد بشكل حاسم على هذا الافتراض المفهوم ضمناً. وقلة من الناس هى التى سلطت الضوء على الشق المنطقى فى الأمر: إذا استطاعت أحفورة ميكروبية مريخية، أن تأتى إلى الأرض عبر صخرة، فإن ميكروباً حياً، يستطيع أن يصل للمريخ من الأرض عبر صخرة أيضاً. وأصبح الدليل نفسه على الحياة فوق المريخ هو المَقْوُوض الذى يهجم نظرية الأصل المستقل للحياة.

ولو أن الحياة على المريخ قد وصلته من الأرض، فبالتأكيد سيكون هذا أمراً مثيراً، ومهماً من الناحية العلمية، لكنه سيكون على مستوى الصفر من حيث المعنى الفلسفى، لأنه لن يقول لنا شيئاً جديداً فيما يتعلق بانفرادية أو ظاهرة الحياة نفسها. وسوف يُظهر لنا ببساطة أن المجال الأرضى يمتد خارجاً إلى الفضاء الخارجى بمثل ما يمتد تحت الأرض. إن الأحافير المظنونة فى ALH 84001 سوف تكون منحدره من أصول عضوية أرضية، وقد عادت إذن إلى وطنها.

وما يشبه أن يكون تلوثًا عابرًا للكواكب، خاصة في الماضي البعيد، هو بمثابة عامل مفتاح في تأكيد دليل على الحياة فوق المريخ. وإذا كان المريخ قد تلقح بواسطة حياة أرضية منذ من ٣,٦ إلى ٣,٨ بليون سنة مضت، فلن يكون من قبيل المفاجأة، العثور على صخور مريخية محتوية على علامات حياة في حالة عمل منذ ٣,٦ بليون سنة مضت، وكما ذكرت في الفصل السابق أن الملامح المعثور عليها في ALH 84001 هي بالضبط ما يمكن للمرء أن يتوقعه. ومن الناحية الأخرى فلو أن نظرية التلوث تلك كانت خاطئة، فإن قواعد اللعبة سوف تتغير على نحو درامي. حيث سنكون مدعويين للاعتقاد بأن الحياة بدأت بطريقة مستقلة فوق المريخ. وهو افتراض هائل، والذي يتطلب تقويمًا شديدًا (انظر الفصل العاشر). وفي هذه الحالة فسيكون الدليل المستقى من ALH 84001 بعيدًا وبعيدًا جدًا عن كونه مقنعًا.

كيف يمكن إذن وضع نظرية التلوث تحت الاختبار؟ إذا أمسك العلماء بنظام عضوى مريخى حى، ويظهر أنه يعتمد على دنا ذى اتجاه يمينى اليد، وحمض أمينى ذى اتجاه يسارى اليد، وإذا كانت لها نفس شفرة جينات الحياة الأرضية، وإذا كان تمثيلها الغذائى متشابهًا أيضًا، فسوف يشير ذلك بقوة إلى أصل مشترك مع الحياة الأرضية. ومن الناحية الأخرى، فإذا كانت الجزيئات عكسية الأيدى، والشفرة الجينية مختلفة، أو تعتمد كلية شكلًا مختلفًا من الكيمياء الحيوية، فسيكون ثمة أصل للحياة مستقل. وسيكون الإقرار بحالة المادة على درجة من الصعوبة، إذا كان كل ما لدينا هو أحفورات، لأن بقايا الجزيئات المعروفة ذات التوجه اليسارى اليد، سوف تذهب بعيدًا بقواعد اللعبة، ولن يكون مفيدًا حينئذ المقارنة بين الأشكال الميكروبية. لأن الميكروبات الفضائية قد تبدو شبيهة بالميكروبات الأرضية، ولكن لها كيمياء حيوية مختلفة تمامًا.

وافترض - كما أدعى - أن المواد حاملة الحياة قد تبودلت بشكل منتظم بين الأرض والمريخ، فإن تلك الكواكب لا يمكن اعتبارها معقمة. والتلوث العابر

للكواكب ربما أخذ مجراه منذ بدأت الحياة لأول مرة. فإنه سيبدو عديمًا للأهمية أن نتكلف كل هذا العناء المادي لتعقيم سفننا الفضائية. وعلى سبيل الحديث فلن يكون مهمًا افتراض أن المخاطرة بالتلوث من الحياة الميكروبية المريخية هي أمر لا يمكن تجنبه. فلو أن الحياة المريخية والحياة الأرضية ينحدران من أصل مشترك، فإن الميكروبات المريخية سوف يكون لها الأساس الكيميائي الحيوي الذي نستخدمه نحن. وكما كتب^(٢٠) مرة كارل ساجان Carl Sagan «لو أن الحياة العضوية المريخية كانت قد انتقلت إليه أصلاً عبر عمل تصادمي أصاب الأرض، فإنها ستكون مشابهة لنا لدرجة أنها لن تكون مسببة لإصابتنا بالأمراض».

ولو أن المريخ والأرض قد تبادلا فيما بينهما الحياة العضوية، فإن ذلك سوف يضاعف تعقيد سؤالنا عن أين بدأت الحياة على نحو مطلق وبالنظر لحالة الجهل لدينا فهو يمثل رهاناً مفتوحاً على أى مما تؤدي إليه السيناريوهات التالية من حقيقة:

١. لقد بدأت الحياة مرة من المرات فوق المريخ ثم جاءت إلينا عبر صخرة نيزكية مريخية. وهي قد تكون أو لا تكون مستمرة في الوجود على الكوكب الأصلي.
٢. بدأت الحياة مرة من المرات على الأرض ثم انتقلت إلى المريخ، حيث قد يكون ممكناً أنها أسست نفسها هناك.
٣. قد تأصلت الحياة على كل من الأرض والمريخ على نحو مستقل. والاستعمار العابر للكواكب (أو حتى الإخصاب العابر للكواكب)، ربما يكون قد حدث تبعاً لذلك.
٤. قد تأصلت الحياة على كل من الأرض والمريخ وعلى الرغم من تبادل الصخور والأتربة أو الغبار، فلم تنتقل بينهما عضويات قابلة للحياة.
٥. الحياة لم تتأصل على أى من الكوكبين، ولكن في مكان آخر كلياً، كأحد المذنبات مثلاً، أو القمر «أوروبا» الذي يدور حول كوكب المشتري. أو كوكب

المشتري نفسه، أو أى جسم خارج النظام الشمسى. ثم جاءت إلى الأرض، وربما المريخ أيضًا عبر نوع ما من آليات الـ **Panspermia** (البذور فى كل مكان).

٦. تأصلت الحياة على كوكب الأرض وحده ولم تتجح (بعد) فى احتلال كوكب آخر. أما كوكب المريخ، فهو كان، وما زال، بلا حياة.

ولاحظ أنه بعيدًا عن السيناريو الأخير، فإن كل السيناريوهات الأخرى تتنبأ بأن الحياة لا بد أنها حدثت فى إحدى المرات على المريخ، وأنها ربما باقية حتى الآن. من أين لنا أن نعرف عن قوة البقاء غير القابلة للتصديق لدى الميكروبات، من ناحيتى أعتقد أن السيناريو رقم ٦ بعيد الاحتمال تمامًا. وفى مرحلة ما فلا بد أن الصخور حاملة العضويات القابلة للحياة قد قامت بالرحلة من الأرض إلى المريخ. وفى كلتا الحالتين من الأرض إلى المريخ أو العكس أو تناقلت ذراتها بين الكواكب، فيبدو لى أن ما يصعب تجنبه أن المريخ قد لعب دور المضيف لسكنى الميكروبات، وربما أيضًا لحياة عضوية أكثر تقدمًا وذلك فى مرحلة مبكرة من تاريخه. وهذا يجعل من البحث عن الحياة على المريخ له أولوية فى المرتبة.

وإذا كانت نظرية «بذور فى كل مكان» **Panspermia**، تعد من الأفكار المقبولة، فإن المريخ وحده لن يكون محل الاهتمام، لأنه من المفهوم أن تكون الحياة الأرضية قد ارتحلت إلى أمكنة أخرى فى النظام الشمسى. ماذا عن القمر مثلاً؟ سطح القمر الآن يعد مكاناً غير مرغوب بشكل حاد، ولكنه مثل المريخ كان له فى مرة من المرات جو ذو تخانة، وكانت فيه براكين ومياه. وهذه اختفت أسرع مما حدث فى المريخ، ألم تكن ثمة نافذة تطل منها فرصة الحياة؟ إذا كانت هذه قد تزامنت مع وجود الحياة على الأرض، فإن تبادل العضويات الحية مع القمر أمر يجب أخذه فى الاعتبار على نحو جاد جدًا. وبالنظر لأن القمر قريب مكانيًا من الأرض، فإن كثيرًا مما نقع من صخور الأرض بسبب تصادم كوني، لا بد أن ينتهى إلى القمر بما أن مدة الرحلة إليه قصيرة جدًا. فهل يمكن أن توجد حياة على

القمر اليوم وتحت سطحه؟ الدعاوى الحديثة تقول بأن الثلج قد يوجد فى أحواض فوهات سطح القمر المحمية بعيدًا عن الشمس. وهذا مما يجعل الاحتمال مخادعًا، ولو أن المشهد العام يوحي بأن الميكروبات القمرية لم يعثر عليها بعد.

أما عن كوكبي الزهرة وعطارد، فهما ليس من الأمر فى شىء لأن كلاً منهما حرارته مرتفعة للغاية. ومن الممكن أن كانت الزهرة أكثر برودة ذات مرة، ومن ثم أصبحت مكاناً مناسباً كموطن للعضويات الأرضية التى كانت فى غير موطنها الأصلي. وكذا عدة أقمار فى النظام الشمسى الخارجى، ربما كانت موطناً للحياة بدورها، إلا أن فرص انتقال الحياة من الأرض إليها بنجاح تعتبر بعيدة، وكان توماس جولد Thomas Gold قد حدس أن: «عشرة كواكب أو أقمار على الأقل قد دعمت الحياة تحت السطح، واعتقد أن الأرض قد قدمت مجرد نوع أو فرع غريب من الحياة، عندما سمحت ظروف غير عادية بإمكانية الحياة فوق السطح»^(٢١).

وبمجرد أن اندفعت الصخور إلى مدار المريخ، فربما شكل هذا المدار ملاذاً لها من الصدمات الكونية، باعتبار أنها كانت حاملة للعضويات الأرضية التى تركت موطنها الأرضى. وذلك لتعود بعد ملايين السنين لتحتل الأرض. وهذه الإمكانية من السهل أن تشوه أو تحرف من جديد نظرية الإحباط الناجم عن الصدام للحياة، والتى ناقشتها فى الفصل السادس. وباعتبار أن الصدام الذى من شأنه أن يجذب الأرض بالكامل ربما يبقى على بعض العضويات التى تهيم مع الحطام الناشئ، فى مدار يتخذها الباقي من الحطام حول الأرض. وهذا يدفعنا إلى أن نعود للخلف فى موعد نشوء الحياة على الأرض إلى الفترة التى كانت فيها الصدمات الكونية مستمرة وكثيفة ربما إلى حتى ٤,٢ بليون سنة مضت، مما يساعد على تخفيف متناقضة أن الحياة وُجدت بوضوح على الأرض إبان مثل تلك الفترة القاسية. وبالطبع بعد عودة الميكروبات عقب ملايين السنين إلى الأرض كموطن أصلى لها، فلا بد أن كانت لها تطبيقات حقيقية فى تاريخ التطور. وليس من غير

الممكن أن ثمة باكتيريا عمرها عشرة ملايين سنة كانت هامة فيها أو فى حالة تعليق للحياة، ثم تعود للأرض عبر حجر نيزكى وتعيد تأسيس ذاتها فيها.

ماذا عن إمكانية ارتحال الحياة عبر الصخور فيما بين النجوم؟ للأسف تقف الإحصائيات بشدة ضد هذه الفكرة. حيث بينما المواد التى تنفصل بقوة عن الأرض سوف تجد فرصة معقولة للوصول إلى المريخ، يبدو صعباً للغاية إلى درجة تعذر تجنب أن صخرة منفصلة بقوة عن النظام الشمسى، يمكنها أن تواجه أى كوكب آخر. لأن المسافات بين النجوم كبيرة للغاية، والكواكب تمثل أهدافاً صغيرة، حتى إن ملايين الصخور المتناثرة عبر المجرة ستكون فرصة صخرة واحدة منها ضئيلة، فيما يتعلق بالسقوط على كوكب مناسب فى نظام نجمى آخر. وللسبب نفسه، فمن المؤكد أن صخرة حاملة للحياة من نظام نجمى آخر قد وصلت للأرض. وعلى ذلك فإذا كانت الكواكب فى نظامنا الشمسى تلوث بعضها البعض بصخور حاملة للحياة، فمن المستحيل، أو يصعب بشدة، أن تستطيع الحياة الانتشار عبر المجرة بهذه الطريقة.

ولو أن الصخور لا تمثل المركبة الوحيدة التى يمكن أن تمتطيها الميكروبات. لأن المذنبات أيضاً يمكن أن تقوم بهذا الدور أيضاً. ولو أن القليل هو ما نعرفه عن داخل المذنب، فإنها يمكنها أن تمثل ملاذاً أفضل من المتوفر فى الصخور. وهذا يمكن أن يكون الوضع فى الفترة التى أعقبت تشكل المذنبات، وعندما رفعت الكيمائيات والأنشطة الإشعاعية درجة الحرارة لدرجة كافية لدعم وجود مياه سائلة.

وقد كان السيناريو الذى تخيله كريس ماكاي Chris McKay والمتضمن «بذور فى كل مكان» من خلال المذنبات، كالتالى^(٢٧): تصل سحابة بين نجمية، بالقرب من النظام الشمسى، فتضطرب مدارات المذنبات بفعل مجال جاذبية السحابة، ومن ثم تضرب الأرض، مخلقة حطاماً متطايراً حاملاً معه بواغى ميكروبية. وتبقى الأحجار المنفصلة عن الأرض مع السحابة، ربما لعدة ملايين

أخرى من السنين، وربما تدور السحابة ذاتها حول النجوم. وعندما يحدث هذا، فإن الصخور مع بعض العضويات التي استمرت قابلة للحياة، تمتزج مع المواد المذنبية بالقرب من حافة نظام نجمى سديمى. فور تمام تشكل المذنبات، فإن داخلها يكون دافئاً ورطباً بحيث يمثل ما يشبه الحضانة الدافئة والمناسبة لميكروبات عانت طويلاً. وهذا الجو المتحسن بعيد الحياة لتلك البواغى، قادحاً زناد انفجار سكانى. وفى وقت ما يتلو ذلك، ينغمر أو يقتحم مثل هذا المذنب نجماً ما بتلك المستعمرة الميكروبية المتميزة. لأن النجم سوف ييخر مادة المذنب مطلقاً الميكروبات. ومن ثم يتم لفظها بترليوناتها العديدة مع الغبار الناتج من المذنب، مشكلةً بذلك سحابة مسكونة فى أغلبها. ومع أن العضويات فى هذه الحالة ستكون غير حصينة ومعرضة للخطر، فليس طويلاً قبل أن يندفع بعضها إلى كوكب يتصادف مروره عبر ذيل المذنب. ولأنها رفيعة للغاية فستقاوم معاناة عودة الدخول، وتتزلق ببطء إلى سطح الكوكب الآمنة نسبياً، وبهذه تكون الحياة قد احتلت الكواكب فى نظم نجمية أخرى، ومتماثلاً مع ذلك أن تكون الحياة قد أتت للأرض من كوكب يقع فيما وراء النظام الشمسى.

وخلال العشرين سنة الماضية ظل كل من فريد هويل **Fred Hoyle**، وشاندرا ويكراماسنجى، وفى مواجهة شكوك عديدة، يدفعان بنظرية أن المذنبات لديها عضويات حية، ويدعمان هذه الفكرة من خلال سجلات الإحصائيات الطبية، وادعيا أن مرور المذنب مرتبط بظهور أو نقشى الأمراض^(٢٣). وهما يريان أن مختلف الأمراض الوبائية مثل الطاعون الجوستينيانى الكبير لسنة ٤٥٠ بعد الميلاد، والذي يمكن أن يكون راح ضحيته مائة مليون شخص، هو من الناحية الفعلية له أصل خارج الأرض. وهما لم يفترضوا أن الحياة فى الفضاء تعتبر مقصورة فقط على المذنبات، وإنما أعادوا للنظار اقتراح أرهينيوس **Arrhenius** الأصلي، بأن ميكروبات مستقلة يمكنها التحويم من دون حماية حول المجرة. مُشيراً إلى حقيقة أن كثيراً من البذور اللين نجمية هى تقريباً فى حجم الباكثيريا،

وناقشنا أن بعض كميات حقيقة من مادة الفضاء ما بين النجوم لها بالفعل أصل بيولوجي. وكدليل يدعم هذه النظرية الجريئة، فقد ركزا على حقيقة أن طيف الأشعة تحت الحمراء للـ E.Coli الجافة، تبدو شديدة القرب من الغبار البين نجمي.

وليس مفاجئاً أن يمسك بعض العلماء بنظرية «بذور في كل مكان» pans permia في محاولة لاستبعاد مشكلة النشوء الإحيائي. لأن الحياة لو أمكنها التناسل (سواء بالتكاثر الجنسي أو اللا تزاجي) فيما بين النظم النجمية، فهي إذن لن تحتاج إلا إلى كوكب واحد لكي تضع ذراتها فيه، بمكان ما من ذلك الكون المتسع، وذلك باعتبار الحياة موجودة وقائمة على الأرض. ومن ناحيتي، فلا أشارك في الحماس لهذا التخيل. ويبدو لي أن الانحراف بالمشكلة إلى الفضاء الخارجي لا يفيد بشيء لتغيير المشكلة المركزية الخاصة بالنشوء الإحيائي، وهي المشكلة التي تفتت بشكل وبائي فيما بين الأبحاث على نحو ما سبق لمدة عقود مضت - والتي بمعنى من المعاني. هل تبدو الحياة جيدة فقط لكي تكون حقيقة؟

- (١) العوالم فى حالة الصنع "Worlds in the Making" لـ: سفانت أرهينوس (Harper, London 1908).
- (٢) البقاء طويلاً لبواغى الباكثيريا فى الفضاء "Long-term Survival of bacterial sport in space" لـ: ج. هورنيك "G. Horneck" و هـ. بوكير "H. Bucker" و ج. ريتز "G. Reitz" (Advanced Space Research 14, 1041 (1994)).
- (٣) مستويات البقاء لبعض العضويات الميكروية الأرضية فى ظل ظروف مشابهة لظروف الفضاء "Survival Rates of Some Terrestrial Microorganisms Under Simulated Space Conditions" لـ: ج. كويك "J. Koike" وآخر (Advanced Space Research 12, 4271 (1992)).
- (٤) هل يمكن لبواغى العضويات أن تبقى فى الفضاء البين نجمى؟ "Can Spors Survive in Interstellar Space ?" لـ: بيتر ويبر "Peter Weber" ومايوجرينبرج "Mayo Greenberg (Nature 316, 403 (1985)). وانظر أيضاً متابعة كيرت ميليكوسكى "Curt Mileikowsky" هل البواغى تستطيع البقاء لمليون سنة فى ظل إشعاعات الفضاء الخارجى؟ "Can spores survive a million years in the radiation of outer space" وتجدده فى: عن الأصول البيوكيميائية والفلكية والبحث عن الحياة فى الكون "Astronomical and Biochemical Origins and the search for Life in the Universe" الذى نشره س.ب. كوزموفيكى "C.B. Cosmovici" و س. س. بوير "S. Bowyer" ود. ويرثيمر "D. Werthimer".

- (٥) الكون الذكى لـ: فريد هويل (Michael Joseph, London 1983).
- (٦) البانسبيرميا تعاود المجيء: قيود بيولوجية وفيزيوكلمية "Panspermia revisited: astrophysical and biological constraints" وتجده فى: عن الأصول البيوكيمائية والفلكية والبحث عن الحياة فى الكون (مرجع مشار إليه فى التذييل رقم ٤).
- (٧) كان فى القريب جدًا عندما استطاع الفلكيون تعريف أى كواكب خارج نظامنا الشمسى. والمشكلة فى رصد كوكب خارج النظام الشمسى تتحصل فى أنها تبدو خافتة جدًا فى الظهور حتى فى أقوى التلسكوبات، وبالتالي فوجودها يمكن فقط استنتاجه بطريقة غير مباشرة. ولأن يدور فى مدار حول نجمة، فهو يمارس قوة جذب شديدة تجعل النجم يتذبذب قليلاً. وهو تأثير شديد الضعف، ولكنه يظهر على مشهد ضوء النجم وبطريقة مميزة. وكنتيجة لملاحظة حذره، فإن كواكب كبيرة تم رصدها عبر سنوات ضوئية قليلة من الأرض. والتقنية السائدة ليست جيدة بشكل كاف لتحديد كوكب له نفس كتلة الأرض ومدارها، ولكن فى ضوء وجود نظم كوكبية أخرى، فيبدو بشدة أن كواكب مثل كوكب الأرض تتواجد فى مكان ما هناك. وربما ملايين كثيرة منها فى مجرتنا وحدها، وكل منها واعد بوجود حياة. انظر: البحث عن كواكب فضائية أخرى "The Quest of Alien Planets" لـ: بول هالبرن "Paul Holpern". (Plenum, London, 1998).
- (٨) اختبار ميكروبولوجى لبعض الحلقيات الكربونية من نوع الكاندوريت "Chondrites" "A microbiological Examination of Some Carbonaceous" لـ: جورج كلاوس "George Claus" وبارثولوميو ناجى "Bartholomew Nagy". (Nature 192, 594 (1961)) ولمراجعة أكثر امتيازاً لتاريخ البحث عن الحياة فى الصخور النيزكية مع إشارة خاصة للحجر النيزكى

مورشيوسون "Murchison" انظر: «حجر النشوء» "Genesis Stone" لـ:
دافيد سيرجنت "David Seargent"

(Karagi Publications, Sydney 1991)).

(٩) كان العالم الألماني هانز فليج Hans Phlög قد قَدَّمَ دليلاً على الحياة في الحجر النيزكي Murchison، والذي درس هذا القطاع من الحجر بميكروسكوب عيني Optical، والذي عثر فيه على نوع من الباكثيريا ذات طابع خيطي الشكل، وكانت ملحوظة جيداً. انظر: بناء متاهي الدقة للمادة العضوية في الأحجار النيزكية "Ultrafine structure of the Organic Matter in meteorites" في: دراسات أساسية ومستقبل العلم "Fundamental Studies and the Future of Science" والذي نشره: ن.س. ويكراما سنجي "N.C. Wickramasinghe". (University College Cardiff, 1984, p. 24) وسرعان ما ذهب علماء آخرون إلى استبعاد ما ادعاه العالم فليج.

(١٠) الطريق الصخري للبانسبيرميا "The rocky road to panspermia" لـ: ه.ج. ميلوش "H.J. Milosh". (Nature 332, 687 (1988)) ومن أجل تقدير تبسيطي وميسر انظر: الأحجار الكائسة: نُعَيَّر سطوح المادة عبر الكواكب "Swapping Rocks: Exchange of Surface Material Among The Planets" لـ: ه.ج. ميلوش (The Planetary Report 14, 16 (1994)) وحدوس أخرى مبكرة على نفس المنوال كان قد قدمها بنيتون كلارك "Benton Clark" وجردا هورنيك "Gerda Horneck" انظر: أصل الحياة وتطور المجال الحيوي "Origin of Life and Evolution of the Biosphere" (16, 410 (1985)) وكان ميشيل بين "Michael Paine" قد اقترح أن انتقال العضويات بين الكواكب عبر الصخور يجب أن يشير إلى «الترانسبيرميا» لكي نفرق بينها وبين نظرية أرهينبيوس بشأنها.

(١١) انظر التذييل رقم ١ ص ٢١٩.

(١٢) كتب البيولوجى البارز جورج جايلورد سمبسون "George Gaylord Simpson" يقول: «إنه من غير المحتمل بشدة وإلى حد الاستحالة، أن أى شكل للحياة قد سبق أن انتقل بالطرق الطبيعية من نظام كوكبى إلى آخر». ومع ذلك استخلص «أن مثل هذا الارتحال بين الأرض والمريخ وهما فى نظام كوكبى واحد يظل غير محتمل الوقوع أيضاً، وإن كان إمكانية حدوثه ليست من بين المتحكم فيه». انظر: عدم غلبه أشباه البشر. "On the nonprevalence of Humanoids" لـ: جورج جايلورد سمبسون "George Gaylord Simpson". (Science 143, 772. (9164)).

(١٣) التبادل أو مقايضة المقذوفات الناجمة عن التصادم مع الكواكب الأرضية أو الدنيوية. "The Exchange of Impact ejecta between terrestrial planets" لـ: بريت جلامان "Brett Gladman" وآخر (Sience 271, 1387 (1996)).

(١٤) كان قد كتب تقريباً عن قيام الميكروبولوجى (من كاليفورنيا) راؤل كلانو " Raul Cleno" قد كون شركة لكى يحجز ميكروبات قديمة من الأحافير لإمكان استخدامها للسيطرة على الزراعة. وكان هذا التقرير بمعرفة NZPA فى - على سبيل المثال: (The Weekend Australian, 12 April 1997).

(١٥) الاقتربات الخارجية للحياة "The Outer Reaches of Life" لـ: جون بوستجيت "John Postgate" (Cambridge University Press, Cambridge (1994)).

(١٦) كان ميلوش ومناصروه قد أجروا حوسبة لمستويات بقاء الميكروبات المرتحلة عبر الكواكب فى الفضاء، واقترحوا أنه فى داخل صخرة أكبر من متر واحد من الحافة للحافة فإن التغطية الإشعاعية ستكون جيدة لدرجة أن المصابيح الرئيسية ستكون من النشاط الإشعاعى للحجر نفسه. وشريحة المقاومة الصغيرة للإشعاع لدى الباكثيريا فى حالة تعليق الحيوية هى التى تسمح ببقائها لمدة ثلاثة إلى أربعة ملايين

سنة، حيث تسهل الرحلة من المريخ للأرض، وفي حالة طيران أخرى تشمل مخاطر أخرى مثل درجة حرارة متباطئة ولكن مستمرة والتمزيق الكيميائي لأحبال الدنا. ومرة أخرى، فإن البقاء الطويل جدًا يكون متوقعًا في ظل ظروف مفضلة. انظر: الانتقال الطبيعي للميكروبات القابلة للحياة في الفضاء " **Natural transfer of viable Microbes in space** " لـ: كيرت ميليكوسكي وآخر (Icarus 145, 391 (2000)).

(١٧) عودة عينات من المريخ، أفكار مبدئية وتوصيات لـ: كينيث نيلسون وآخر (مصدر سابق) ص ١٨.

(١٨) انظر: البحث عن الحياة في المريخ لـ: كريستوفر ماك كاي (مصدر سابق).

(١٩) سبق أن اقترح نسبت **"Nisbet"** وسليبي **"Sleep"** هذه الفرضيات: إن أحد الشروح عن مصدر مريخي قابل للدفاع عنه بشأن أصل الإيكاريا **"Eucarya"** هي أن السلف من الإيكاريوت **"eukaryote"** أصبح فيما بعد يمثل الانتقال المريخي الثاني. وفي هذه الفرضية، فإن الخلية الرئيسية للإيكاريوت ظلت تظهر على المريخ بعد وقت من قذف السلف من الأرشيا **"archaea"** والباكتيريا إلى الأرض. وإذا ما خلية من هذا النوع قد قُذفت فيما بعد إلى الأرض، فإن الوافد الجديد والذي يعتبر ابن عم بعيد لسابقه، يمكن أن يستضيف حياة تكافلية مع الباكثيريا. وتجد ذلك في: بيئة وطبيعة الحياة الباكترية **"The Habitat and nature of early life"** لـ: إي. ج. نسبت **"E.G. Nisbet"** و ن. هـ. سليبي **"N.H. Sleep"**. (Nature 409, 22 February 2001, 1083-91; see page 1087).

(٢٠) هل من الخطير إعادة عينات من المريخ إلى الأرض " **Is it dangerous to return samples from Mars to Earth** " لـ: كارل ساجان **"Carl Sagan"**. (The Planetary Report 14, 3 (1994)).

(٢١) فى المجال الحيوى الحار والعميق "The deep hot biosphere" لـ: ت. جولد
(Proceedings of the National Academy of Science USA "T.Gold"
89, 6045 (1992)).

(٢٢) الثلج البروميثى (نسبة إلى بروميثوس) "Promethean Ice" لـ: كريستوفر ماك
كاى "Christopher Mckey". (Mercury 25, 15 (1996)).

(٢٣) أمراض من الفضاء "Diseases from Space" لـ: فريد هويل وشاندرا ويكراما
سينجى (Dent, London 1979).

الفصل العاشر

الكون المتعاطف بيولوجيًا

كلما فحّصت الكون أكثر، ودرست تفاصيل معماره، وجدت دلائل متنامية على أن الكون بمعنى من المعاني، كان يعلم بأننا قادمون.

فريمان دايسون

Freeman Dayson⁽¹⁾.

تهلّل علماء ناسا عندما جاهدت سفينة الفضاء «جاليليو» المعطلة في معاودة بث صورها مرة أخرى في أبريل عام ١٩٩٧. وكانت الكلمة الصادحة على كل لسان هي: «الحياة». وتركزت الإثارة وقتئذٍ على اكتشاف أول محيط في الفضاء الخارجى. وكان علماء المهمة الخاصة بالقمر «أوروبا»، والتي قامت بها سفينة الفضاء، يعلمون بالفعل أنه مغطى بالثلج. وكشفت «جاليليو» عن جبال ثلجية تطفح عنها مياه سائلة، أو على الأقل جليد رقيق القوام أو نصف ذائب. وكانت قشرة قمر المشتري ذاك *Jovian moon* والمتجمدة بالكامل تبدو وكأنها تنزلق على طبقة من السوائل.

ويكاد كل مُعلّق أو مُعلّقة يلهجون بأن وجود مياه، بالإضافة إلى العضويات، فإن ذلك يعنى «حياة» أو على الأقل فرصة لهذه الحياة. أما صوت العقل فقد لخصه عالم مهمة ناسا ريتشارد تيريل *Richard Terrile* عندما صرح للصحافة: «عند وضع هذين العنصرين المهمين معًا في الأرض ستحصل على الحياة خلال بليون سنة^(١). إذن هذا ما سيحدث في القمر «أوروبا» أيضًا. هكذا ببساطة كما اعتاد الساحر الإنجليزي تومى كوبر *Tommy Cooper* أن يقول. ومن المؤسف أن

الجزء من المنطق الذى يربط المياه بالحياة من النادر أن يكون أكبر من ملاحظة أن الحياة من دون مياه مستحيلة وموازاة أو التسوية بين الحياة والمياه تخفى فى طبيعتها قفزة هائلة إلى الإيمان^(٣).

ولربما كانت الحياة تستقر تحت القشرة الثلجية للقمر «أوروبا»، سواء بسبب ضعيف ذى صلة، وهو أنها ارتحلت إلى هناك من الأرض عبر صخرة نيزكية، أو للسبب الأكثر شهرة، وهو أن الحياة يصعب تجنبها عندما تتوافر المشارطات المناسبة لها. وطبقاً للمدرسة الحاسمة فى البيولوجيا، والتى أملت حديثاً تأييداً لوجهة النظر الغالبة لهيئة ناسا والتى يشارك معهم فيها بعض المعلقين، والذى يتلخص فى أن الحياة سوف تتشكل أوتوماتيكياً فى أى بيئة تشبه بيئة الأرض.

نعم خذ كمية من المياه، وأضف إليها بعض الأحماض الأمينية والقليل من بعض العناصر الأخرى، ودعها تتفاعل فى جو حرارى على نحو ما، ولمدة ملايين قليلة من السنوات، وبعدها سوف يملؤنا العجب، ونهمهم بالتساؤلات أثنى تهليلنا للنتيجة: ثمة حياة، هذا المنهج المألوف انتقدته بحدة المدرسة المضادة، التى تركز على التعتيد المرعب أو الرهيب للجزء الحى حتى فى أبسط أشكال الحياة. هذا التعتيد المحض فى «الحياة» ينم عن سلسلة عجيبة من الوقائع، وهى أيضاً ذات طبيعة فريدة فى الكون. وهم يقولون إنه لا توجد أى كمية من المياه، حتى لو تركزت بكيمويات متخيلة، سوف تنشئ الحياة عبر إحدى حالاتها المزاجية أو هكذا ببساطة. ومن ثم فإن الحياة على الأرض من غير المحتمل أن تكون ضربة بغير رام.

ومن خلال دعواهم بأن المياه تعنى الحياة، فلم يكن علماء ناسا مجرد مبتهجين بمهمتهم، وإنما ضمتوا حديثهم افتراضاً هائلاً وشهيراً عن «طبيعة» الطبيعة. لقد قالوا إن قوانين الكون قد برعت فى استبطان وسائل تلاطف بها الحياة لكى توجد، رغم تضاد ذلك مع المواد الخام النبتة المتاحة، والتى تعرضها المبادئ الرياضية للفيزياء ببساطتها الرشيقة، على نحو ما مقدماً، عن الحياة وتعتيدها. فلو

أن الحياة تظهر تالية وبشكل مستقل عبر «حساء»، فلا بد أنها قد قامت بتفسير تعليمات ذات طابع آخر يقول لها «اصنعى الحياة». ومن خلال هذه الحياة تظهر المنتجات الثانوية: العقل والمعلومات والفهم. ويعنى ذلك أن قوانين الكون قد هندست إدراكها أو فهمها الشامل. وهذه الوجهة من النظر بشأن الطبيعة تخطف الأنفاس، ومهيبة للغاية وترتقى بحصادها إلى المستوى الملكى الفخيم. ومن ناحيتى أتمنى أن يكون ذلك صحيحاً، كما أنه سيكون أمراً هائلاً لو أنه كذلك. أما لو كانت تقدم بديلاً فى النظرة العلمية للعالم لها نفس الشهرة والأهمية لتلك التى أنشأها من قبل كوبرنيكوس ودارون كلاهما معاً. وسوف لن يخطف لى تلك الأقوال العفوية، مثل أن المياه بالإضافة للعضويات، تعنى الحياة باعتبارها من الواضح أنها بعيدة عن الوضوح.

ولو أن البيولوجيا القدرية «المحتومة» قد تأكدت من خلال اكتشاف حياة بديلة وراء الأرض، فإن ذلك سيدحض أو يفند بشكل درامى النموذج الأرثوذكسى (الصارم) المنغمس بالكامل فى الصدقوية الداروينية.

تلك «الأرثوذكسية» تقول بأن لا شىء فى الحياة يعتبر مقدراً سلفاً، وأن التطور البيولوجى هو تتابع سلسلة من العمليات التى ينقصها المعنى وتفتقد للتوجه السليم. وليست ثمة غايات أو أسباب نهائية. أما لو كانت الحياة مما لا يمكن تجنبه، فإن ذلك يعنى أن وقائع القدر ليست صامدة أو مقاومة لتحقيق غاية محددة. إنها مبنية داخل القوانين. وتبدو «النهاية» على نحو تشكى، كما لو كانت «هدفاً» أو «غرضاً» - الكلمات المقدسة *toboo* فى العلم تحمل فى ثناياها رائحة عصر الأديان الذى توارى.

هذا وتعتبر عواقب العثور على الحياة فى أماكن أخرى من الكون من المسائل الصعبة للغاية. إنها تسمو وتتجاوز مجرد العلم، وتصطدم مع المقولات الفلسفية، مثل عما إذا كانت الحياة تعنى الوجود الفيزيائى، أو أن الحياة بما فيها الكون وأى شىء آخر، هى نوع من العبث ولا غاية لها على الإطلاق. تلك هى

الأهمية القصوى للبحث عن الحياة في المريخ أو ما وراءه. ولذلك يجب أن نحث هذا البحث كأولوية كبيرة. وهذا أيضًا، يعد سببًا في أن نظرية «البذور في كل مكان» تصبح نظرية حاسمة. ولكي نبرهن أن الكون متعاطف بيولوجيًا، فيجب أن نعرف، على سبيل التأكيد، أن الحياة قد حدثت أكثر من مرة، والذي يعنى أن السيطرة على الكواكب تتم عبر التلوث. إن العثور على حياة أرضية فوق المريخ لن يقول لنا شيئًا عن أصل الحياة. ولو أنه يمكن الإقلال من شأن هذا التلوث، فإن ميكروبًا مريخيًا واحدًا يمكن أن يغير، وبشكل نهائي، الصورة التي لدينا عن الكون.

إن البحث عن الحياة في الكون، هو في حد ذاته بحث عن ذواتنا نحن، من نكون وما هو موقعنا في المخطط الكبير للأشياء. إذن ما الذي يقترحه علينا الدليل العلمي؟ هل نحن مجرد غرائب تافهة، أو النتائج المتوقعة لكون عبقرى متآلف بيولوجيًا؟

هل سبق أن بدأت الحياة؟

كل المناقشة حول أصل الحياة تتواصل، بدءًا من افتراض أن الحياة بالفعل لها أصل. هل من المفهوم أن الحياة كانت دائمة الوجود؟ من الواضح أن الحياة الأرضية لم تكن موجودة على الدوام، لأن الأرض نفسها لم تكن دائمًا موجودة. ولكن ربما كانت الحياة في مكان ما حول الأرض قبل تشكلها، ثم جاءت هنا عبر إحدى عمليات «البانسبيرميا» (الديدان أو البذور في كل مكان). وإذا كانت العضويات قابلة للانتقال من نجم إلى نجم آخر عبر الكون، حينئذ يتناقض سؤال هل كانت للحياة بداية إلى سؤال عما إذا كان للكون بداية.

افتترض معظم العلماء في القرن الـ ١٩ أن العالم أبدى. وكان من الممكن وقتها التصديق بأن الحياة تتساوى مكانيًا وزمانيًا في الفضاء. وهو الموقف الذي

تربع قمته كل من سفانت أرهينيوس **Savante Arrhenius** ولورد كيلفن **Lord Kelvin**. أما اليوم، فإن معظم العلماء يعتقدون أن الكون نفسه لم يكن موجودًا بصفة دائمة، ولكنه بدأ مع الانفجار الكبير، وثمة دلائل ملحوظة تدعم هذه النظرية. ومع ذلك فليست هناك أسباب جذرية معروفة عن السبب في أن الكون لم يكن موجودًا على الدوام. والنموذج القائم على أنه لم تكن له بداية وليست له نهاية، يتمثل في نظرية تعرف باسم نظرية الكون الثابت أو المستقر **Steady-state theory**، والتي راجت في خمسينيات القرن الماضي. وكان من المناصرين الرئيسيين لهذه النظرية فريد هويل **Fred Hoyle**. وكل من نظريتي الانفجار الكبير والكون المستقر يفترضان أن الكون يداوم الامتداد. ففي نظرية الانفجار الكبير تأتي كل مواد الكون للوجود عبر طريق واحد في الفضاء - بشكل أكثر أو أقل، وبما أن الكون يمتد، فإن المجرات تتطير متباعدة ومن ثم تتناقص تدريجيًا، وبالتالي يتناقص تدريجيًا المستوى العادي لكثافة المادة. وبالقياص مع نظرية الكون المستقر تبقى تلك الكثافة مستقرة. لأن المادة تتخلق باستمرار مشكّلة مجرات جديدة، تحل مكان المجرات القديمة في اتساع الكون. وفي قياس كبير، فإن الكون يبقى على نفس صورته تقريبًا من عصر إلى عصر، كما لو أنه يستكمل ما نقص فيه أو يعاد شحنه بوقود جديد على نحو جيد.

ولأن الكون الثابت ذاك له عمر لا نهائي، فيمكننا أن نتخيل أن الحياة بدورها ربما مستمرة في الوجود إلى الأبد. وبالتالي فإنه لا الكون ولا الحياة كانت لأيهما بداية. وما دامت العضويات يمكنها الانتقال من المجرات القديمة إلى المجرات الجديدة، فلا حاجة للحياة للتشكل من جديد عبر كيمائيات ما. وبالتالي انحلت مشكلة البيولوجيين بالكامل. وليس من الضروري مشايعة حالة الكون المستقر إلا لتجنب أصل الحياة. إضافة إلى أن الكون يحتفظ على الدوام بعمليات تَخْلُق لا نهائية وأنه قديم بشكل أبدي، وطالما استطاعت الميكروبات العثور على وسيلة للسفر بأمان من مكان إلى آخر، فربما كانت الحياة على الدوام حائزة على

نفس خاصية الكون. وهذا بالضبط ما اقترحه كل من هويل وويكراماسينجي Wickramasinghe⁽⁴⁾.

ونظرية الحياة الأبدية تسفر عن نتيجة تبعية غريبة. فلو أن الحياة امتدت عبر الفضاء والزمن، ولو كان الأمر كما تقول به نظرية الكون المستقر، بأن هناك عددًا لا نهائيًا من الكواكب، فلا بد إذن أن يكون هناك عدد لا نهائي من النظم الحيوية. ولو أن شريحة من هذه النظم طورت نظامًا للذكاء والتقنية، فسوف سيكون هناك عدد لا نهائي من المجتمعات العلمية في الكون. وبما أنه لا حدود لعدد المجتمعات العلمية، فإن بعضها بالضرورة سيكون أقدم من غيره، وبالتالي أكثر تقدمًا، وإذا كانت الحياة الميكروبية قد استطاعت الانتشار عبر الكون، فلا بد أن يكون الأمر كذلك مع الحياة الأكثر تقدمًا أو الأكثر ذكاء. وبهذه الكيفية فقد انسقنا إلى نتيجة مؤداها أن ما نسميه «الكون» قد أُقْبِسَ من حياة ذكية. والأمر لن يتطلب أكثر من امتداد واحد لأحد المجتمعات التقنية، لكي يسيطر الذكاء على منطقة كبيرة مترامية من الكون. وبالنظر لأن الوقت المتاح لهذه العملية لا حدود له، فلا بد في النهاية أن تتوحد الطبيعة مع الذكاء، ويتساويان معًا في هذه المنطقة المسيطر عليها، وسيصبح العقل مجرد ملمح دائم للكون، شأنه شأن المادة.

وهذه النتيجة لم تكن غائبة عن هويل، حيث وصف في كتابه «الكون الذكي» *The intelligent universe* حالة للأشياء تشبه كثيرًا ما وصفته على التو⁽⁵⁾، فيما عدا وجود قانون ما، لدى الطبيعة تحدّ به نمو الذكاء والتقنية، أو تمنع تشكيلات الذكاء من الانتشار عبر الكون، في الوقت الذي يبقى فيه هذا القانون سامحًا للعضويات الصغيرة البسيطة لكي تفعل ذلك، ولعله من الصعب تجنب هذه المقترحات الدرامية لهويل. كما أن فرانسيس كريك Crick وليزلى أورجل Leslie Orgel، قد توصلا بدورهما إلى نتيجة مشابهة، وبسبب تأثرهما بالصعوبات الحقيقية التي واجهها علماء البيولوجيا في تفسيرهم للحياة البيولوجية، فقد اقترحا فكرة «البانسبيرميا الموجهة» والتي طبقًا لها تحصنت الأرض ببذور الذكاء من

خلال كائنات فضائية^(٦). وعبر الامتداد، فإن الحياة يمكنها أن تنتشر حول الكون كله بهذه الطريقة، دون حاجة لأن تتجذر في أى منه تحديدًا.

وكثير من الناس يرون في فكرة «الحياة الكونية» أنها فكرة جذابة. ولكن مع ذلك، ومن الناحية العلمية، فهي تتطوى على قدر قليل من الغش. إنها تحاول تجنب أو تراوغ مشكلة أصل الحياة بنقلها إلى الفضاء، وعائدة بها زمنياً إلى الوراء حتى تختفى نهائياً من المشهد. ومع أنه لا يوجد ما هو خطأ من الناحية المنطقية في تلك النظرية في خصوصية أن الحياة والكون كانا دائماً موجودين، إلا أنها لا تقدم لنا تفسيراً لأى منهما. فإنك لا تستطيع أن تشرح شيئاً بأنه كان موجوداً على الدوام. وعليه فأنا من الآن فصاعداً سأفترض أن الحياة بدأت في مكان ما وبطريقة ما، وربما على نحو مستقل في بعض الأماكن، متسائلاً عمّ تتطلب الطبيعة توظيفه من أجل تحقق ذلك؟

هل زودتنا قوانين الطبيعة بأسباب الحياة؟

(الكون لم يكن في حالة «حمل» بالحياة، ولا كانت الأجواء «حبلى» بالإنسان)^(٧).

جاك مونود Jacques Monod

بل أنت مخطئ، فقد كانا كذلك.

كريستيان دى دوف^(٨) Christian de Duve

لقد أمسك جاك مونود بالفكرة وأشار إليها، وهى أن الطبيعة نتاج لعاملين أساسيين هما: المصادفة والقانون أو «الضرورة» كما شاء هو أن يعبر عنهما. خذ مثلاً على ذلك مدار الأرض حول الشمس: إنه مدار إهليلجي (بيضاوى الشكل) طبقاً لقوانين نيوتن بشأن الحركة والجاذبية. وربما القول بأن شكل المدار

بالضرورة إهليلجى، ومن الناحية الأخرى فإن المقاييس الدقيقة للمدار، مثل كم البعد العادى للأرض عن الشمس؟ تنتج عن عوامل كثيرة معقدة والمتضمنة بعض الوقائع التاريخية المتصلة بما هو الشيء الذى ضرب السديم الشمسى. ليست ثمة ضرورة أن تدور الأرض حول الشمس وهى على بُعد ١٥٠ مليون كيلومتر عنها، بديلاً عما هو مفروض، قل مثلاً مائتى مليون كيلومتر. فالمدار الفعلى إذن يخضع جزئياً للضرورة وجزئياً للمصادفة. وإذا ما عثرنا على كوكب يشبه الأرض فى نظام نجمى آخر، فلن يتطابق مداره مع مدار الأرض حول الشمس بالكيلومتر، واحداً إثر الآخر، ولكن قانون الجاذبية هو الذى سيتطلب منه اتخاذ مدار إهليلجى.

ولدينا مثال شديد التطرف على «الضرورة» يتمثل فى البللور. فالترتيبات الهندسية للنظام الشبكي للبلورة تتحدد بالكامل على أساس عمل القوى الداخلية لذراتها. بللورتان من الملح الخالص سوف يتطابق تركيبهما، كما أن الأمر كذلك بالنسبة لبللوريتين من الماس diamond، والمصادفة لا تدخل فى هذا، فالبللورات تتشكل بالضرورة كذلك. وبالمقارنة لدينا مثال آخر شديد التطرف بدوره على المصادفة ألا وهو ماكينة الكرات «المدفوعة»، إذن لا شك فى أن الكرات ستخضع لقوانين نيوتن عن الحركة، فى تصادمها مع القطع الخشبية التى تدفعها، إنما سيكون مصيرها النهائى صدفيوياً بالكامل. فنحن لا نتوقع أن تنتهى هذه الكرات دائماً فى الحفرة المرجوة.

وعندما نأتى للحياة فما القدر منها الذى يخضع للمصادفة، والقدر منها الذى يخضع للضرورة؟ مونود نفسه لم تكن لديه أى شكوك فى أنها بالكامل وبشكل ساحق تخضع للمصادفة، وقد احتفظ بصورة مشهدة تمجد هذا التصور فى كتابه الشهير المعنون «المصادفة والضرورة» Chance and Necessity. لقد ناضل مونود من أجل فكرة أكثر من ذلك وهى أن صدفيوية الحياة لم تكن فقط تطبيقاً للطبيعة العشوائية وغير المؤجّهة للتطور. ولكن للعمليات الفيزيائية التى أنشأت الحياة فى المقام الأول. وبالنسبة لمونود فإن تكون أو نشوء الحياة كان مجرد

انعطاف حاد من «القدر» في «لعبة» لوتاري كونية عمياء. وكما سبق أن شرحت في الفصل الثالث، عن احتمالية تشكل الحياة بشكل منفرد من خلال عشوائية الخلط غير المنظم (اللبخطة) بين الجزيئات التي تعتبر حالة متناهية الصغر في ضآلتها. ولو كانت قد حدثت على هذا النحو، فيكون ذلك لمرة واحدة في هذا الكون الذي نلاحظه ونراه.

فلو أننا عثرنا على حياة فوق المريخ أو في أى مكان آخر من دون أن يكون للبانسبيرميا دخل في ذلك، فإن مذهب مونود في الصدفوية، ومعه وجهات النظر الفلسفية التي اتخذت طابع الانعزال والكآبة المؤيدة له، ستكون جميعا غير قابلة للتصديق. وهؤلاء الذين يعتقدون بأننا لسنا وحدنا في الكون، يرفضون فعليا فكرة المصادفة العمياء كتفسير لأصل الحياة، ويفترضون وجود عامل الضرورة أو سطوة القانون في المسألة. وبكلمات أخرى، هم يفترضون أن ظهور الحياة من بين كيميائيات غير حيّة، نتاج للقوانين الكونية في مجراها العادي، وإذا كانت هذه القوانين قد عملت على هذا النحو هنا في الأرض، فمن الطبيعي أن يتشابه ما تفعله على كواكب أخرى أيضا. وهي وجهة نظر أقرها المجلس الوطني الأمريكي للعلوم في تقييمه للحياة الموعودة فوق المريخ^(٩). «وبالنظر لظهور الحياة على الأرض، فإنه يبدو ممكنا أو حتى قابلاً للتصديق بأنها ظهرت على المريخ في ظل ظروف مشابهة، وتقريباً في الوقت نفسه».

والمعتقد القائل بأنه ما دامت الحياة وُجِدَتْ على الأرض، فلا بد أن تكون شائعة عبر الكون كله، أحياناً ما يسمى بـ «القدرية» أو المحدّد بواسطة القضاء والقدر أو «الحتمي»^(١٠). ويبدو أن هذه التسمية منتشرة بشكل واسع بين الفلكيين والكيميائيين والفيزيائيين، وبشكل أكثر ندرة، بين البيولوجيين^(١١). إذ إنه حيال تقييم الأمر ومدى صلته بأهمية المصادفة والضرورة فيما يتعلق بأصل الحياة، يبحر معظم البيولوجيين إلى جانب وجهة نظر مونود في المصادفة كعامل مهيم. ولكن هناك بعض الاستثناءات في ذلك. إذ سنجد أن كريستيان دي دوف، أحد الحائزين

على جائزة نوبل مثله مثل مونود، والذي يرى أن تشكل الحياة لم يكن مما يمكن تجنبه وأنه تسارع في ظل الظروف التي ناسبته. ففي كتابه المعنون «الغبار الحيوي» *Vital Dust*، الذي يحمل عنواناً فرعياً يقول: «الحياة كفعل أمر كوني» *Life as a cosmic imperative*، اعتقد أن الكون كان بمثابة «سرير المهد» بالنسبة للحياة، والتي ظهرت كنتيجة تبعية تلقائية تبعاً لقوانين الطبيعة، وكتب^(١٢): «الحياة هي منتج لقوى حتمية» و «الحياة كانت مضطرة للظهور في ظل الظروف الكاشفة لها، وستظهر بالطريقة نفسها، أينما وحينما تتحصل على ذات الظروف ... الحياة والعقل لم يظهرَا كنتيجة لحادث نزوى أو خاضع للهوى، ولكن كنتمثل طبيعي للمادة، مكتوباً في نسيج الكون».

ما هي إذن تلك القوانين المتألفة بيولوجياً، التي شجعت بوضوح كلاً من المادة والطاقة غير المنظمين على التسارع نحو طريق الحياة؟ هل هناك مبادئ بيولوجية خاصة في حالة عمل؟ أو أنها القوانين العادية للفيزياء، هي التي قامت بتحقيق «اللعبة» أو «الخدعة» إذا شئت؟ من الناحية التاريخية، هناك نموذجان لوجهتي النظر منذ القدم، فمن ناحيته اقترح أرسطو *Aristotle* مثلاً أن الحياة هي عرض للمبدأ المنظم للكون. ودارون أيضاً اقترح^(١٣). «أن مبدأ الحياة من الآن فصاعداً سيظهر على أنه جزء أو نتيجة تبعية لقانون عام ما». وأظن أنه من العدل، مع ذلك، أن قلّة من البيولوجيين يعتقدون اليوم بأن ثمة قوانين للحياة بنفس طريقة وجود قوانين للفيزياء. والكثيرون يجدون في فكرة وجود قوانين خاصة أو مبادئ خاصة هي التي قادت المادة في اتجاه الحياة، فوق وأكثر من القوانين الأساسية للفيزياء، هي فكرة ذات مغزى روحى لا يتسنى إدراكه عقلياً، وفكرة تذكرية فيما يتعلق بالحيوية، وذلك في آن معاً.

وهكذا فربما تكون القوى اللازمة والضرورية لإنتاج الحياة متضمنة بالفعل في قوانين الفيزياء ذاتها؟ تخيل أن الحياة تظهر في «حساء» بنفس الطريقة المستقلة التي تظهر بها البلورة في محلول مُشبع بشكلها النهائي والمحدد مسبقاً

بواسطة القوى الداخلية للذرات. وخذ في اعتبارك مثلاً: الطريقة التي ترتبط بها الأحماض الأمينية مع بعضها لتنتج الببتيدات المتعددة التي هي ذخيرة البروتين. ولاحظ أنه لكي تحصل على وظيفة بيولوجية. فلا بد أن ترتبط الأحماض الأمينية في تتابع معين مناسب، لأنها لو ارتبطت بشكل معدّل قديم، فلا مجال هناك لفرصة الحصول على بروتين له فائدة. لكن افترض أن القوى داخل الذرات التي تعمل على إجبار وصياغة الببتيد، والذي يُعدّ عبداً لها لا يفعل سوى ما تأمره به، كانت قادرة على التمييز بين التتابعات المختلفة. فلربما تستطيع هذه القوى أن تفضل جميع الأحماض الأمينية على نحو يجعلها مفيدة بيولوجيًا.

وربما كانت مصادفة أن الأبحاث تدعى ذلك بالضبط فقد اختبر كل من جاري ستينمان Gary Steinman وماريان كول Marian Cole اللذين يعملان في جامعة ولاية بنسلفانيا، وذلك في ستينيات القرن الماضي، أقول اختبراً تقارير تعني: «بأن الأحماض الأمينية ربما شكلت سلاسل ببتيدات بطريقة عشوائية محضة^(١٤)، وبدا أن تجاربهما تؤكد أن الجزيئات ذات القيمة أو المغزى للحياة قد صُنعت على أساس المفاضلة. «وهذه النتيجة أيقظت المشهد برمته باعتبارها فريدة، بما يعني أن تتابعات الببتيدات الوثيقة الصلة بالحياة، ربما تكون قد أنتجت في وقت سابق على الحياة. وهي العبارة التي كتبها كما لاحظا - ستينمان وكول: «أن تفاعلات المفاضلة كانت على مستوى عالٍ من التنظيم أيضاً بالنسبة للنظام البيولوجي».

وادعى ستينمان وكول أن المادة لديها ميل متأصل لتلمس طريقها للحياة طبقاً لفضيلة الانجذابات الكيميائية التي تعمل بين الذرات والجزيئات^(١٥). وفي هذا لم يكونا وحدهما، فقد توصل سيدني فوكس Sidney Fox إلى خلاصة قال فيها: «الأحماض الأمينية تحدد نظامها الخاص بها في درجة كثافتها» وإن تلك الأحماض غير العشوائية و«التي تصدر تعليماتها ذاتيًا» هي التي تنفخ في الجزيئات الماكروية المعلومات الحيوية الحاسمة، ممهدة بذلك الطريق للحياة. ومثل سيدني

فوكس، فقد كان المرحوم سيريل بونامبيروما Cyril Ponnampuruma، والذي كان واحداً من الرواد في بحوث النشوء والتكون، قد اعتقد «أن ثمة خواص موروثية في الذرات والجزيئات، والتي يبدو أنها تقود عملية التركيب والتكوين في اتجاه الحياة»^(١٦). وكرر في أقواله الخطر المألوف في التسبب بأن قوالب بناء الحياة منتشرة على اتساع الكون، وعلى ذلك يجب أن تكون الحياة أيضاً^(١٧): لقد اكتشفت الدراسات الفلكية الرادارية نظاماً أو حشداً وفيراً من الجزيئات في وسط ما بين النجوم. وهكذا نجد أنفسنا مسوقين للنتيجة، التي لا مهرب منها، وهي أن الحياة لها مستقر عادي في الكون (أوضحت في الفصل الثالث أن هذه المناقشة زائفة بالكامل، ومن قبيل مراجعة ما ذكرته من مجاز: القوالب بذاتها لا تبنى وحدها منزلاً)^(١٨).

ولو أننا تأملنا «حساء» من الكيماويات، والمدى القريب من اللا نهائي والممكن للتفاعلات، سوف نجد شجرة واسعة من القرارات للترتيبات التي يجب أن تجريها الجزيئات، ولكنها فقط غصينات قليلة من الشجرة التي ستقود إلى الحياة. أما فوكس وبونامبيروما، فقد اقترحا أن الأفضلية التي تحكم الصلات الكيماوية، هي التي ستغوى الجزيئات المشاركة تجاه الطريق الصحيح عبر الشجرة، إلى أن تبقى على الحياة. وإذا كان هذا صحيحاً فسوف يكون صاعقاً ومذهلاً، ولا أقول غير قابل للتصديق. فالادعاء بأن عمليات الذرات تتضمن انحيازاً داخلياً في ذواتها تفضل به العضويات الحية، يُعنى أن قانون فيزياء الذرات يحتوى في ذاته، وبشكل مؤثر، على «الطبعة المبدئية للحياة». وسوف تكون هناك رابطة بين القوى الأساسية التي تعمل على الذرات، وبين المنتج النهائي والميكروسكوبي المعقد - العضو الوظيفي. ولكن ماذا ستكون عليه طبيعة تلك الرابطة؟ وكيف تستطيع قوانين الفيزياء الأساسية أن تعرف شيئاً عن التعقيد، وعن المعلومات التي تحملها جواهر مثل الخلايا الحية؟

ولإيضاح جوهر اعتراضى، فهو كالتالى: المعروف عن قوانين الفيزياء التى تعمل بين الذرات والجزيئات أنها بحسب التعريف، بسيطة وعامة. وعليها ألا نتوقع منها وحدها أن تؤدى بصرامة إلى شىء على التعقيد أو شديد التخصص. ولتدعنى أطرح عليك أين تكمن المشكلة. ففى الفصل الرابع، أشرت إلى أن التكوين الجينى هو بالكثير أو القليل، عبارة عن تتابعات عشوائية للأزواج القاعدية، وأن هذه العشوائية بذاتها ضرورية، إذا كان عليها دور فى إطلاق أو استخراج جزيئات غنية بالمعلومات. ولكن هذه الحقيقة تتناقض بشكل تام مع الادعاء بأن الجينات يتسنى لها أن تتكاثر من خلال عملية أشبه بالقانون، تنسم بالبساطة وإمكانية التنبؤ بها. وكما شرحت فى ذلك الفصل أن القانون هو وسيلة لضغط قائمة المعلومات بطريقة حسابية ووصف التعقيد الواضح بواسطة معادلة بسيطة أو إجراء سهل. وعلى سبيل الحديث، فليس ثمة قانون بسيط يستطيع أن ينمى وحده، أو أن يأمر الجزيئات الماكروية الحجم بثرائها المعلوماتى العشوائى، لكى ينظمها سبط ما. إن قانون الطبيعة الذى نعرفه ونحبه لن ينشئ معلومات بيولوجية، أو بالطبع أى معلومات على الإطلاق. فالقوانين العادية دائماً ما تنقل قائمة المعلومات من حالة المدخلات **input** إلى حالة المخرجات **output** وهى تستطيع أن تعدل فى المعلومات أو تخلط بينها ولكنها ليس بمقدورها أن تنشئها. إن قوانين الفيزياء التى تحدد أى ذرة سوف تتفاعل مع ماذا، وكيف، هى من الناحية الحسابية بسيطة للغاية، وتحتوى نسبياً على معلومة صغيرة. ويستتبع ذلك أنها غير قادرة على مسئولية إنشاء جزىء ماكروى معلوماتى إن صح التعبير. وعلى عكس الدعوى التى تكررت كثيراً، فإن الحياة لا يمكن أن تكون «مكتوبة» داخل قوانين الفيزياء. وعلى الأقل ليس داخل أى شىء مثل قوانين الفيزياء التى نعرفها حالياً^(١).

وإذا ما قبلنا أن الخريطة الجينية عشوائية وثرية المعلومات، وتكون فى الوقت نفسه منجذبة لكيمائيات غير عشوائية لتصنيع الحياة، فإن ذلك سيكون

تتأقضا واضحا. والا عشوائية في حد ذاتها هي عكس المتطلب لإنتاج جزيئات ماكروية عشوائية، والمسألة برمتها تنحصر في الشفرة الجينية، هي على سبيل المثال إطلاق أو تحرير للحياة من عوائق أو قيود وعبودية الكيماويات اللا عشوائية. والجينية يمكنها أن تختار ما تريده من تتابعات الأحماض الأمينية ومن دون وعي منها بالنتفضيلات، التي يمكن أن تجريها الجزيئات. وهي تحقق ذلك عن طريق نشر إنزيمات خاصة، مصممة خصيصا لتجتاز ما تميل إليه الكيماويات غير العشوائية. وهذا هو السبب الذي تلجأ من أجله الحياة لمصاعب أن تكون لديها معلومات مشفرة وسوف وير يتوسط عملية التفاعل بين الحمض والبروتين في الجزيء. إن الحياة تفعل سحرها، ليس بالإذعان للكيمياء الموجهة، وإنما بتطويق ما هو طبيعي كيميائيا، وما هو من سمة الديناميكا الحرارية.

نعم من الطبيعي أن تستجيب العضويات لقوانين الفيزياء، ولكن هذه القوانين تعتبر اتفاقية أو عرضية بالنسبة للبيولوجيا والكيمياء. والدور الرئيسي يكمن في السماح بنظام منطقي ومعلوماتي لتحوز وجودها. وعندما تكون التفاعلات الكيماوية سهلة ومتناسبة مع الديناميكا الحرارية، فسوف تستخدمها الحياة بابتهاج، ولكن لو احتاجت الحياة لتحقيق كيمياء «غير طبيعية»، فسوف تجد طريقا إلى ذلك. وسوف تتسج ما يحدث على قيام التفاعلات الغريبة، وستصنع الجزيئات المشحونة بشكل صحيح، وأحيانا في تجميعات معقدة، تقود المسألة ضد المحتوى الديناميكي الحراري. والخطوة المفتاح، التي أجريت في طريق النشوء، هي التحول من خضوع الجزيئات لمتابعة طريق الكيمياء الأرضية، إلى تنظيم نفسها لحفر طريقها الذاتي. إن قابلية خلط الجبن بالطباشير التي تجري في الهيمنة على السوفت وير، والتي تعتبر وسيلة للتمثيل بها في استخدام الكود الجيني، هي خير وسيلة للتعبير عن هذا التصاعد. واختيار أو تفضيل الحياة لقيود الكيمياء من خلال توظيف قناة تحكم في المعلومات، كي تحررها لتحلق فوق ما يشبه الكتلة المرتبكة لتفاعلات الذرات، منشئة عالما بارزا مستقلا بذاته.

وبمجرد أن أمسكنا بهذه النقطة الرئيسية تكون المشكلة الحقيقية قد تم حلها، ومن النجاحات البارزة للبيولوجيا الجزيئية، أن معظم الباحثين قد فكروا في أن سر الحياة يكمن في فيزياء وكيمياء الجزيئات. ولكن جهودهم ستكون عديمة الجدوى إذا نظروا إلى الكيمياء والفيزياء الكلاسيكية لشرح الحياة، لأن هذه تعد حالة قديمة للخلط بين الوسيلة والرسالة. ولأن سر الحياة لا يقوم على الأسس الكيمياءوية، ولكن يظل في قواعد المنطق والمعلومات التي تستغلها أو تستثمرها في إظهار مواهبها.

ولا بد لي أن أشير إلى الثغرات أو الفجوات **loophole** التي تقفز في مجادلتى تلك، فلتستحضر ما ناقشته في الفصل الرابع حول التعقيد في الحساب والتتابعات المزدوجة، لأنك إن وجدت معادلة مدمجة أو متضامة، والتي تتكاثر في تتابعات مغطاة، تكون قد برهنت بوضوح أن النتيجة التبعية ليست عشوائية. ومع ذلك إذا حاولت وفشلت في العثور على معادلة، فأنت بذلك لم تستطع البرهنة على العكس، وهو أن النتيجة التبعية عشوائية بالضرورة. وربما تكون قد عاينت أو تفحصت معادلة غريبة أو غامضة والتي سوف تثمر نتيجة تبعية تأخذ شكل العشوائية. وفي الحقيقة أنها يمكن أن تظهر على أنها بصفة عامة يستحيل أن تبرهن على العشوائية^(٢٠). وبترجمة ذلك إلى مجال مشكلة النشوء والتكون، فإنه يعنى أننا لن يتسنى لنا أبداً أن نسيطر على إمكانية أن الجينات قد تكاثرت بطريقة تشبه القانون، مثل قوانين للفيزياء ماهرة أو ذكية ومجهزة بأدواتها. لكن هناك ثمناً يلزم دفعه، لأنه لو كان الأمر كذلك، فالحياة في واقعها بسيطة للغاية، وإن بدت معقدة.

وثمة أمثلة عديدة في الطبيعة لنظم تبدو معقدة بشكل مخادع لأنها في الحقيقة غير ذلك. وهى نماذج لأشياء عفوية أو تلقائية تبدو للعين العادية على أنها معقدة، وهى في حقيقتها تخفى البساطة التي تكشفها العين المدققة، وأمثلة من هذا النوع تشتمل على أداء غاية في القبح أو التعقيد مثل خطوط الشواطئ، وسطوح الركام الرملى المنزقة وحلقات الكوكب زحل، وكثير من هذه الملامح الطبيعية، يمكن

إخضاعه لنموذج هندسى معروف بـ «المتشعب» $\frac{1}{2}$. وهذه المتشعبات تبدو غير عادية وشاذة إلى ما لا نهاية ومعقدة، وفى الحقيقة تقوم بعملية تبسيط رياضى لخاصية تعرف بالتشابه الذاتى Self-similarity. وبأسلوب عادى، فإن نموذج التشابه الذاتى هو الذى درجة شذوذه تكون هى نفسها عندما يكون فى مستوى أو قياس أطول. وكنتيجة لذلك، فالمتشعبات فى الحقيقة لا تتطلب معلومات على جانب من الأهمية لتوصيفها أو الإكثار منها أو توليدها^(٢١). ومن أشهر هذه المتشعبات مجموعة ماندلبروت وتلك التى يتم إجراؤها فى الألوان كشكل من أشكال الفن، والتى أيضًا يمكن تنفيذها على الكمبيوتر بواسطة عملية حسابية غاية فى البساطة^(٢٢). وهذه النظم غير المنطقية العديدة، التى تبدو كأمتلة على العشوائية المعقدة وهى فى الحقيقة والواقع بعيدة تمامًا عنها، بل هى غير عشوائية بالمرة.

هل يمكن للحياة أن تكون كذلك: ظاهريًا معقدة، وفعليًا بسيطة للغاية، مثل المتشعبات، وعلى ذلك هى نتاج لعملية تشبه القانون البسيط؟ وهل من الضرورى افتراض أن كل الحياة بسيطة: فقط الإحياء الأولى. وبمجرد الهبة الأولى لوجود الحياة، فإن التطور الداروينى يمكنه أن يضيف التعقيد الذى لا يمكن إنقاظه أو اختزاله. أنا شخصيًا لا أعتقد فى صحة ذلك، ليس على الأقل لأنها تتطلب نظرة للطبيعة، تعنى أنها مُساقاة أو تتم قيادتها أو مستنبطة بمعرفة وسائل أخرى، وعلى نحو لا يمكن تصديقه. وادعاء بأنه توجد فعليًا شفرة داخل الشفرة، تقوم بتكاثف للكائنات الحية عند الطلب من خلال معادلة بسيطة، هو أمر بعيد جدًا عن أن يجذبنى أو يجعلنى أميل إليه، أو لأنه بعيد عن استحضاره كفكرة معقولة.

هل هى الداروينية Darwinism دائمًا وعلى طول الخط؟

ناقشت فى القسم السابق أن تحميل الأمر لنظام ماكر تبدو فيه الحياة فعليًا، وكأنها البساطة وهى ترتدى زياً تتكررًا من التعقيد، وأن القوانين العادية للفيزياء لا

يمكنها أن تأمر الحياة كي توجد. ولكن ليست هذه بعد، هي كل أشكال المقدرات أو الغائيات البيولوجية والتي يجلبها نظام خارجي. ولا تزال تبقى الحياة مما يتعذر تجنبه، أو على الأقل تم تفضيلها بقوة عند توافر المشاركات الصحيحة المناسبة لها. ذلك أن بعض العلماء يقترحون شكلاً آخر للغائية أضعف من ذلك ولكنه مقبول أو جدير بالثقة، وعلى سبيل المثال يرى كريستيان دي دوف **Christian de Duvé** أن المصادفة تلعب دوراً، ولكنه دور مغموس بمختلف القيود الفيزيائية التي تفرض توجهها عاماً على الحياة باعتباره قدرها المتوقع. ورغم أن تلك القيود مطردة الاستمرار، فهي غير محددة عندما نأتى لتفاصيل التراكيب الكيميائية. وفي هذا، فإن دي دوف يشبه حالة الماء المنصب في فوهة إلى بطنها أو حلقومها باعتباره اتجاهًا عاماً سابق التحديد، طبقاً لتشكلات المنظر العام لطبيعة الأرض. ولذلك كان قابلاً لكتابة^(٢٣): «ظهور الحياة كان من (مخرجات) أو نتيجة عمليات مقدرة على نحو عال، وتتحقق من الناحية الفعلية في ظل المشاركات الفيزيائية الكيميائية التي تكشفت آنئذ».

وهناك أيضاً أفكار ستيوارت كوفمان **Stuart Kauffman** والتي ناقشتها في الفصل الخامس، والذي لا يدعى أن هناك طبعة أولية سابقة للحياة، وإنما فقط نزوع طبيعي لظهور تعقيد منظم عند توافر شروطه المناسبة، وهكذا لا يجب أن تمثل الحياة مفاجأة على الإطلاق: «هي خاصية جماعية ومُتوقعة للنظم المعقدة»^(٢٤). ورأى «أن جذور الحياة عديدة، وأصلها مع أنه عويص وعميق، لكنه يظل بسيطاً». وطبقاً لنظرية كوفمان، فليس ثمة هدف محدد للنهاية مُشفر في مبادئ التنظيم الذاتي **self-organization**، ولا ميكروبات كعلامة مميزة، وإنما فقط ميل عام لنوع من حالات التعقيد، التي يمكن أن تؤدي للحياة.

ومع جانبية هذه المجادلات، مازلنا باقين مع سر أو غموض من أين جاءت معلومات التشكلات البيولوجية؟ والاعتراض الذي قدمته في القسم السابق لم يزل صالحاً. إذا لم تكن قوانين الفيزياء العادية قادرة على المد بالمعلومات، وإذا ما كنا

مسيطرين على المعجزات، فكيف للحياة أن تكون مقتررة سلفاً ومن المتعذر اجتنبها أكثر من كونها مصادفة نزوية؟ كيف يمكن إكثار التعقيد العشوائي مع التخصصية بطريقة تشبه القانون؟ نحن نعود دوماً إلى التناقض الأساسى.

وأعتقد أن هناك حلاً لهذه المشكلة، ولكنه من النوع الجذرى، والذى يعارضه بشدة علماء عديدون. ومع ذلك فكلما تملكنتى الحيرة تجاه النشوء البيولوجى، شعرت بأنه لا مهرب لنا من احتضان شيء من مثل هذا الحل. ودعنى أرسم لك رسماً كروكياً لما يدور فى ذهنى. لقد ذكرت فى الفصل الثمانى أن شروندجر قد تحير بما فيه الكفاية مع هذه المشكلة لدرجة اقتراحه فى النهاية «لنوع جديد من القوانين الفيزيائية». وأعتقد أن شروندجر كان على الطريق الصحيح، ومع ذلك فإسنا فى حاجة لقانون فيزيائى آخر^(٢٥)، لا بد لنا أن نجبل النظر فى مكان آخر، ولكن أين؟

ثمة مجالان يقدمان لنا مفاتيح مُعذِّبة أو قُلْ من النوع - الغير المرغوب فيه، ولكننا نستبدها باستمرار. المجال الأول يتمثل فى نظرية التعقيد. ولقد ذكرت بالفعل العمل المروى والمتصل بما ذكره كوفمان عن الشبكات الكيماوية ودوائر الحفز الأوتوماتيكية **chemical networks and autocatalytic cycles** وكيف أجريت فى السنوات الأخيرة أبحاث كثيرة عن نظم التعقيد بصفة عامة. وكثير من تلك البحوث قد وصلت إلى نتيجة، مؤداها أن هناك مبادئ رياضية عالمية تحكم سلوك هذه النظم. وتلك المبادئ لا يمكن استنباطها من ثنايا القوانين الفيزيائية القائمة، لأنها ليست قوانين فيزيائية بالمعنى العام. وبدلاً من ذلك، فإنها تبرز عبر البناء المنطقى للنظام، وتعتمد فقط بشكل غير مباشر على القوى الفيزيائية المتصلة بالأمر، ولهذا السبب يمكن على الفور عمل نماذج منها كالألعاب على الكمبيوتر. وكثير من هذه النماذج الكمبيوترية تقوم بقوة بما يشبه القدرات الحيوية، حتى إن واحدة منها تسمى «لعبة الحياة»^(٢٦) **Game of Life**. ويوجد الآن مجال ممتد من الأبحاث حول «الحياة الاصطناعية» **artificial life** والتي تقوم على هذه النماذج

الكمبيوترية^(٢٧). وأمل كثير من نظريات التعقيد يتمثل في أن نوعًا من عمليات التنظيم الذاتي الفيزيائية يمكن أن تنشئ نظامًا فيزيائيًا فوق عتبة معينة للتعقيد، وعند هذه النقطة يبدأ هذا اللون الجديد من قوانين التعقيد في التعبير عن نفسها مانحة للنظام أو فارضة عليه تأثيرات غير عقلانية بالنسبة للتنظيم الذاتي والتعقيد الذاتي، وسوف تتمثل النتيجة في سلسلة من التحولات التي ترفع النظام - على غير توقع - على سلم التعقيد. وفي ظل الدعوة الموجهة من مثل هذه القوانين، فربما يتجه النظام بسرعة إلى الحياة. وإذا كان هذا صحيحًا فإنه يعنى أن الحياة ليست بالتمام، مكتوبة في قوانين الفيزياء كشيء مُتضمن في منطق الكون.

وفي رأيي الشخصي، فإن قوانين التعقيد التي تظهر على هذا النحو تقدم لنا أملاً في فهم أحسن ليس فقط للنشوء البيولوجي، بل وللتنشوء البيولوجي أيضاً. ومثل هذه القوانين قد تختلف عن القوانين الفيزيائية بطريقة جذرية ومهمة. إذ بينما تقوم قوانين الفيزياء بمجرد نقل المعلومات وتعديلها حولنا، فربما ينشئ قانون التعقيد بالفعل المعلومات، أو على الأقل تسحبها أو تجرّها من البيئة وتتصاعد بها إلى بناء أحادي^(٢٨). وهذا سيمثل مفارقة أو هجراً رئيسياً للصورة التقليدية للعالم، والتي هي قابلة للإنقاص، والتي تعمل فيها القوى بين العناصر الداخلية للمادة، ويتم التعامل فيها مع المعلومات كمفهوم ثانوي واشتقاقي. ويتحصل اقتراحي في قبول المعلومات ككمية فيزيائية حقيقية، والتي يمكن مقايضتها «بالقوى المعلوماتية» بنفس الطريقة التي تتحرك بها المادة حولنا بواسطة القوى الفيزيائية. كما تعنى أيضاً قبول التعقيد كمتنوع فيزيائي له كفاءة أو فعالية سببية حقيقية أكثر من كونه مجرد وصف كمي لكيف يكون النظام معقداً. وأنا أعتقد أنه في ظل حركة القانون المعلوماتي، فإن قناة المعلومات، والسوفت وير الخاضع للسيطرة عليه بالاشتراك مع الشيفرة الجينية، يمكنه أن يبرز للوجود.

وربما أكون قدّمت اقتراحي في شكل يبدو أكثر جذرية مما هو عليه بالفعل. لأن قانون المعلوماتية أو السوفت وير، قد اقترحتهما أو الشبيه بهما في أبحاث

عديدة. وعلى سبيل المثال فقد كتب مانفرد إيجن Manfred Eigen^(٢٩): «هدفنا هو العثور على حساب وقانون طبيعي يقودنا إلى أصل المعلومات». وبالرغم من معرفة الدور الحاسم الذي تؤديه الجزيئات. فقد رأتُ الداروينية ومعها إيجن وزملاؤه أنه - مع ذلك - فليس ثمة حاجة للاستزادة بعمليات فيزيائية يمكن أن تصبح مصدرًا إضافيًا للمعلومات^(٣٠).

وبصفة مبدئية كنت قد ناقشت فكرة «السوفت وير» هذه منذ عدة سنوات مضت في كتابي المعنون: «الطبعة الأولى للكون» The Cosmic Blueprint، حيث تفكرت مليًا في القوانين الجديدة المتماسكة معها والتي لا يمكن إيجازها إلى قوانين الفيزياء المعروفة. وعندما تجهزت لتأليف الكتاب الحالي لم أكن معتقدًا أن مثل هذه القوانين كانت ضرورية لشرح عملية النشوء والتكون. وبدلاً من ذلك افترضت أنها حالة من الداروينية دائماً وطوال الوقت. ومتأثراً بالأعمال المعملية بخصوص الجزيئات المعيدة نسخ ذواتها، والسهولة الواضحة لكيفية تشكل لبنات البناء، فقد وجدت من المخادع، الظن بأن المصادفة وحدها يمكن أن تنتج جزيئات، مُعيد نسخ ذاته وبهذه السرعة. وبعدها، فإن تطور الجزيء سيأخذ مجراه، مشتقاً أو مستتباً مباشرة النظام المؤدى للحياة الخلوية. وبعد دراستي للنظريات المتنوعة المتاحة فقد أصبحت الآن أكثر تشككاً. إذ يبدو لي أن الأمر لا يشبه كثيراً أن كل ما تحتاجه الحياة أو الجزيء للظهور هو تفاعلات كيميائية صحيحة. وأعتقد أن التقدم الحقيقي ومع سر النشوء سوف يصبحان في المتناول، ليس من عندنا الكيمياء، وإنما من خلال مفاهيم جديدة.

ويمكن لخلطه من الجزيئات الداروينية وقوانين التعقيد المنظم أن يقدّمنا طريقاً للأمام، من خلال سيناريو يتضمن شكلاً من جزيء ناسخ لذاته وصغير وله صلة بالمسألة، يمكن أن يبدأ بالمصادفة في الظهور بواسطة الوسائل الداروينية، ولكن العمليات لا بد أن تحصل على مساعدة، أو أنه تم تجاوزها بمعرفة مبادئ تنظيمية تمنحها التخصصية والمعلوماتية^(٣١). وهذه المبادئ التنظيمية سوف تُضخَّم

أو توسّع الاختيارات في العملية التطورية، كما تؤدي إلى قفزات مفاجئة في
التعقيد، أكثر مما يتوقعه التطور الدارويني لو كان يعمل وحده.

هذا والخط الثاني من البحوث في هذا المجال والتي قد تحمّل أو لا تحمّل
على عملية النشوء، يشتمل على ميكانيكا الكم، وهي النظرية التي تصف السلوك
الغريب للمادة على المستوى الذري. ومعظم البيوكيميائيين وبيولوجيي الجزيئات
يتجاهلون ميكانيكا الكم. حيث يتم التعامل مع الذرات والجزيئات وكأنها لبنات بناء
صغيرة تتلاصق مع بعضها في أشكال متعدّدة، بينما حقيقة العالم الميكروى أنه
أكثر مهارة من ذلك إلى حد بعيد. وكبداية فهناك موجة العنصر المزدوجة الشهيرة:
فكل ذرة لها وجه في شكل موجات ووجه آخر في شكل جسيم، وذلك في آن معاً.
ومن المفهوم أنه يمكن تعريف الموجة بمعلومات أو سوفت وير، لأنها تصف ما
هو معلوم عن النظام، ومن الناحية الأخرى، فإن الذرة تعامل كجسيم يتطابق مع
الهاردوير وذلك عند تدخل المقاييس الكمية، حيث تختفي الموجة، أى تتغير بشكل
مفاجئ، لأن المعرفة بالنظام تغيرت. ولكن يؤثر ذلك بالمقابل في النتيجة التبعية
لسلوك النظام^(٢٢). وإذا كان ذلك يكون ثمّ شرك أو خديعة الخلط بين السوفت وير
والهارد وير في ميكانيكا الكم. والمعلومات (أو المعرفة) لها من الآن، فبالأقوى
سببية. وهكذا يمثل ذلك مجرى رئيسياً لنظرية فيزيائية تتواجد المعلوماتية في القلب
منها، والتي تختلط مع المادة بطريقة جوهرية وصريحة. والأكثر من ذلك أن
القوى داخل الذرة والتي تشكل الجزيئات البيولوجية مثل البروتين والأحماض
النزوية، لها سمات كمية بطبيعتها. هل إذن يمكن لنوع من عمليات التنظيم الكمي أن
تكون الحاجة إليها فقط لتفسير أو شرح معلوماتية الجزيئات الماكروية؟

ويأتى دليل يدعم هذا الحدس ولكن من اتجاه غير معتاد. ذلك أن إروين
شروندجر Erwin Schrödinger اقترح في كتابه الشهير بأن الوحدة الموروثة هو
باللورة «غير منتظمة الحدوث»، وهو يعنى بذلك أن بناء الجزيء مستقر بدرجة
كافية للحفاظ على شكله، ولكنه معقد بدرجة كافية لتخزين الكثير من المعلومات.

البللورة العادية الدورية أو المتكررة فى فترات نظامية لها استقرارية، ولكنها مكتفية بما لديها من معلوماتية منخفضة حسابياً (انظر الفصل الخامس). وعلى هذا تثبت فكرة شروندجر الناحية التنبؤية. ذلك أن الدنا له بناء مستقر (ولو أنه ليس تاماً، لأن الحفاظ على المعلومات يتطلب قراءة اختبارية وعمليات نشر). وعدم الانتظام فى الشكل ظهر بسبب أن القاعديات التبعية أغلبها عشوائية، وبالتالي المعلومات المتصفة بالثراء، وتلك نقطة تحملتها بجهد.

ومنذ سنوات قليلة مضت رُوِّع الكيميائيون باكتشاف لنوع مختلف من البلورات غير منتظمة الشكل، اصطلاحوا على تسميتها **quasi-crystal** (بمعنى شبه البلورة) وهذه البلورة تمتلك خمس ثنيات غريبة متماثلة، حتى إنها تبدو على النحو نفسه عند دورانها لزاوية قدرها ٧٢°، ومع ذلك، وعلى خلاف مع البلورات العادية، فهي غير منتظمة الحدوث. وبالطبع هذا يمكنه إثبات أن نموذج الذرات لا يكرر نفسه أبداً.

وشبه البلورة تلك مثل مفاجأة بسبب مسألة هندسية بسيطة. فمن المعروف جيداً أنه يمكنك أن تكسو حائطاً بالقرميد الثلاثى أو المربع أو السداسى المضلاع ولكن ليس بالآجر خماسى المضلاع. ذلك أن الآجر الخماسى لا يتسنى ترصيعه بالفيسفساء، حيث ستكون هناك فجوات. وعليه فإن الشيء خماسى الثنيات لا يسمح بنموذج تكرارى. ومع ذلك أثبت روجر بنروز **Roger Penrose** فى نظرية شهيرة أنه يمكنك كسوة حائط لا نهائى بالفيسفساء ذى الثنيات الخمس، باستخدام نوعين مختلفى الشكل من الكساء واحد بشكل المعين الرفيع القوام، وآخر من نفس الشكل ولكن أغلظ فى القوام^(٣٣). ويعنى ذلك أن شبه البلورة يحدث فى شكل ثلاثى الاتجاهات، بما يشابه كساء بنروز المقترح. وبنروز نفسه اقترح أن وجود الشبه بللور يمثل متاهة فى حد ذاته فى ظل طبيعته غير منتظمة الشكل. والبللور منتظم الشكل يمكنه أن ينمو ذرة بذرة لأنه يشكل بناءً عادياً متكرراً، ولكن شبه البللور يتطلب نوعاً من النظام طويل المدى للتأكد من أن القطع فيه تتناسب أماكنها

الصحيحة، لقد اعتقد بنروز أن وجوها رقيقة من ميكانيكا الكم وحتى الجاذبية الكمية يمكن أن تلعب دوراً في هذه المنظومة الهندسية.

وبسبب أن شبه البلورة لها خمس ثنيات، فإن لديها القليل من المعلومات عن اتجاهاتها، ولكن لديها كمية غير محدودة من المعلومات فيما يتعلق بخطية تعاقبها غير منتظم الشكل. وهكذا فهي تتضمن شيئاً ما من فكره كارنر - سميث Cairns-Smith عن البلور غير النقي وشيئاً آخر من فكرة شرودنجر عن السلسلة غير المنتظمة للجزيئات. ومثل الدنا فإن شبه البلور يبدو من الوهلة الأولى أنه «موضوع مستحيل» له قدر هائل من التعقيد الحسابي، إلا أن ميكانيكا الكم تسمح لهما بالوجود. أنا هنا لأقترح أن شبه البلور له خريطة جينية ممكنة (ومع ذلك من يدرى؟) ولكن فقط أن مزيد من دراستهما يمكنها أن توضح لنا كيف لميكانيكا الكم إمكانية تنظيم بناءات فيزيائية معقدة من خلال قدرة عالية لتخزين المعلومات؟^(٣٤).

وثمة نقطة أخرى وهي أن سحر الكم يمكن أن يُجرى مجراه في تزاوج المعلومات البيولوجية، وهو ما نراه في طراز دراسة الحوسبة الكمية^(٣٥). لقد رأينا في هذه الدراسات أن الكمبيوتر الكمي يستطيع أن يستنبط أو يستخرج من المشاكل المعقدة مشاكل غير معقدة (مثل تحليل معاملات رقم كبير جداً إلى حاصل ضرب لعددين أوليين)، ومرة أخرى هو اقتراح بأن «الموضوع المستحيل «كومبيوترياً» مثل العشوائية الحسابية الجينية، ربما تصبح مُنتجة على نحو جاهر بواسطة العمليات الكمية، حتى لو تطلبت تطوراً طويلاً ومتعرجاً بالوسائل التقليدية^(٣٦).

ولقد سلمت بأن الأفكار التي استخلصتها في هذا الفصل، كانت حدسية بدرجة عالية، ولكن الواقع الحقيقي يتمثل في أن مشكلة النشوء والتكون تضع خطأ تحت هذا المشهد بما يعنى أنه سر عنيد من الصعب الوصول إليه. وبالرغم من ذلك، فإن افتراض أن الحياة هي ظاهرة كونية متأصلة ومحتومة ومقدرة، لأن تتدخل عندما تسمح الظروف. وكل ذلك ظل يُتْهامس به. وقليل من مناصري فرضية أن الحياة سوف تظهر **life will out**، يقدرون بشدة التطبيقات الكاسحة لما

يفترضونه. والتفكير الغائي أو القدرى، حتى فى أضعف أشكاله مثل لدى دى دوف وكوفمان، يمثل تحدياً أساسياً للمثال أو النموذج العلمى القائم. وهو كاف بذاته لجعل معظم البيولوجيين يرتجفون. ولو أن البيولوجيين القدريين ينكرون بشدة أن هناك تصميمًا فعليًا أو غاية مقدرة سلفًا، تتضمنهما مقترحاتهم، فإن فكرة أن قوانين الطبيعة، ربما مالت تجاه الحياة، بينما لم تتناقض مع رسالة الداروينية، وبالتأكيد أزعجت روح المسألة. لقد مرّرت عاملاً من الغائية **teleology**، إلى الطبيعة بعد أن كان دارون قد أنكره منذ قرن ونصف القرن. وبالنسبة لكثير من البيولوجيين، فإن الغائية أو القدرية تعادل فكرة المعجزة فى زى الطبيعة. وهذا بالطبع لا يجعل منها فكرة خاطئة، فهى لم تزل حقيقة! ربما تكون الحياة بالطبع مجبرة على الحدوث، أينما تتحقق شروطها. ولكن إذا كان الأمر كذلك، فإن النتائج التبعية ستكون عويصة أو عميقة أيضًا.

لقد أسس العلم نفسه من ثلاثمائة عام على «الإنقاص» أو التصغير **reductionism** و«المادية» **materialism**، بما يؤدى إلى مذهب أو عقيدة لا محيص عنهما من «لا معنى» الوجود الفيزيائى. إلا أن الكون المتعاطف **bio-friendly** قد يُمثّل دوره أو انعطافة حاسمة. وهذا المعنى الخطير عبر عنه دى دوف^(٢٧). عندما كتب بفصاحة «من وجهة نظر الغائية... فإن رؤيتى تتحصل فى أن هذا الكون ليس (نكتة كونية)، ولكنه جوهر ذو معنى، وتم صنعه بطريقة تؤدى إلى تكاثر الحياة والعقل، ومتجها إلى مولد التفكير ليصبح قادرًا على الصعود للحقيقة وفهم الجمال والإحساس بالحب، توافًا للجودة وموضحًا أو مُعرِّفًا للشر، واختبار الغموض».

سَلَمُ الارتفاع:

فى تاريخ العلم لم تكن هناك فكرة ضربت بعمق اعتبار الإنسان لنفسه مثل نظرية دارون عن التطور. والصدام الذى وقع بين دارون والكنيسة المسيحية

يعطينا مثالاً تقليدياً على كيف يكون مؤلماً، عندما يغيّر التطور العلمى الأسس المفاهيمية التى بنى عليها نظرتنا إلى الطبيعة، خاصة عندما يكون هذا التغيير جذرياً. واليوم فإن التطور يعد مفهوماً مقبولاً به عالمياً، حتى البابا قد منحه تبريكاته. وإن كان ثمة ظل فى الصالات الأكاديمية الهادئة من المعركة القديمة لم يزل محلاً لتبادل اللّكمات العلمية، وهى مسألة لم تحظ بانتباه كبير، كما انضم إليها قليل من الثيولوجيين، ولكن عبر مصطلحات ومفاهيم فلسفية للمعنى، وتكتسب هذه المناوشات أهمية ما كان للصراع فى القرن التاسع عشر بين دارون و«ويلبورفورس» Wilberforce.

والموضوع المتجادل حوله اليوم ليس عما إذا كانت الحياة قد تطورت أو تمت تدريجياً عبر بلايين السنين - فالدليل على ذلك هو دليل ساحق - ولكن عما إذا كان هناك شيء قد مال إلى طريقة هذا التطور. وفى القرن ١٩ كانت النظرة السائدة هى مشاهدة أو النظر إلى الحياة على أنها مستمرة فى التطور بشكل متصاعد، كما قيل إن الحياة البدائية قد تحسّنت وتغيّرت إلى أشكال أكثر تعاوناً وتميّزاً، وبلغت ذروتها فى صورة الإنسان البيولوجى أو العاقل **Homo Sapiens**، مع ذكائنا المتبجّج بشكل متزايد وقوانا الواضحة فى التسبب؛ وبالنظر إلى التطور على هذا النحو، فسنجد أنه لم يكن ممراً زجاجياً كسّم للتقدم يودى بشكل مستقر من الميكروبات إلى الإنسان. ولتكن متأكداً أن صعود هذا السلم كان أمراً قاسياً وموجعاً، بل ربما مضيّعاً، وهى الجزية التى اضطر لدفعها الاختيار الطبيعى، ولكن فى هذا المنحى التقدمى كانت ثمة بطولات صارمة ومواقف خاصة للبشرية.

وتبقى صورة سلم التطور كوسيلة للتقدم رمزاً فعالاً، ولم تزل قائمة فى لا وعى العلماء وغيرهم من غير المنتمين للعلم من خلال تقديرهم للفروض الميتافيزائية التى يتمخض عنها. وإذا كان التطور فى حقيقته تقدماً، فلن تكون الطبيعة مجهزة فقط لإنشاء الحياة، ولكن أيضاً لصالح التقدم.

وقد وجه المناوئون للبيولوجيا التقدمية ضربات عنيفة للفكرة على أرضيات مختلفة. أولها أنها تتضمن قيمة إصدار حكم بأن البشر يفضلون على نحو ما القردة أو الضفادع. وصفات «علوية» الحيوانات النديية و«تدنى» الفقاريات، والتي تعكس فكرة سلم التقدم وتخون هذا الانحياز ومنظور إليها على أنها فكرة غير صحيحة سياسيًا. وقد تساءل النقاد: ماذا عن البشر، وما الذى جعلهم أكثر تقدما عن العضويات الحية الأخرى؟ وبالمصطلح العدى البحث، تفوز الميكروبات فى الحلبة الحية، وإذا ما كانت النجاحات التكيفية تُعتبر معياراً، فإن الحشرات العظمى - وفق التسمية التى تخيرناها - ماهرة فى تكيفها مع الضغوط البيئية. وبالطبع، فإن البشر لديهم نكاء عالٍ عندما تأتى المسألة لاختبارات الذكاء «IQ» ولكننا سباحون يائسون، كما لا نستطيع الطيران. فإذا ما قررنا أن النكاء هو النقطة المحورية، فلا يمكن إنكار أننا على قمة السلم. ولكن أليست هذه ببساطة حالة شوفونية Chauvinism؟ لقد تخيرنا نحن المعيار الذى يجعلنا فى القمة. لقد قررنا أين مكاننا المُفضل ونصبنا تحتنا سلماً إليه. وليست من قبيل المفاجأة إذا ما نظرنا إلى أسفل، ووجدنا الدرجات الدنيا من السلم يحتلها سلف أقل نكاءً. وماذا بعد؟ ما الذى يعنيه ذلك؟ هل النكاء بالمعنى المطلق أفضل مثلاً من البصر أو السمع واللذين كليهما قد تناميا وتقدما فى البشر بشكل متوازن؟

تلك الصعوبات جعلت من تعبير «تقدم» من بين الكلمات المقبولة لدى البيولوجيين، ومع ذلك كله فربما بقيت الحالة أن بعض خواص العضويات - سخية أكثر فى سلوك أكثر ثقافة ومحايد - ربما تلعب اتجاهًا تصاعديًا عامًا مع الوقت. لقد طالما كان الاقتراح أن التعقيد هو خاصية^(٢٨). ولا يمكن إنكار أن المحيط البيولوجى ككل قد أصبح اليوم أكثر تعقيداً مما كان عليه منذ ثلاثة بلايين سنة. ومن الواضح أيضاً أن أكثر العضويات تعقيداً اليوم قد تعاضمت تعقيده عن أكثر العضويات تعقيداً فى الماضى البعيد. ومن الصحيح أن المسيرة إلى الأمام لم تُوقف

أو تُقَيَّد بشكل كامل. حيث بين وقت لآخر تقع حوادث كارثية تلحق العدمية بكل ما هو حي، ربما بسبب تصادمات المذنبات والتي ينتج عنها اجتثاث مناخى للأغلبية من الكائنات عبر الكوكب كله. وتلك العصور لا شك أنها أنقصت التعقيد بشكل درامى. ولكن حتى الآن تعاود الأمور دائماً ما كانت قد بدأت به بنشاط متجدد. وهكذا فإن التأثير أو الدرس الذى نستخلصه من ذلك هو أن الحياة إذا ما تركت للزدهار، فإنها تمتطى سلماً متحركاً للنمو، وتملأ كل فجوة متاحة، وتستكشف الجديد والأحسن من الإمكانيات وتطور أكثر التشكلات إتقاناً.

وهذا التقدم المطرد فى التعقيد المنظم ليس فقط أحياناً ولاقئاً للنظر، وإنما أيضاً يأخذ مظهر القانون فى الطبيعة. وهو يتناسب مع التفكير الكونى المتأخر، والذى يرى الكون كتعقيد كلى متزايد وينتشر منذ الانفجار الكبير. ومع ذلك فثمة تخمين حذر، لا يغطى مشاكل جدية بتلك الصورة البسيطة:

أولاً: نجد أن مبادئ الداروينية تحكم الفكرة الغائية للحياة التى تصارع من أجل الأحسن. ذلك أن التطور الداروينى يعمل بتوظيف فلتر أو مرشح الاختيار الطبيعى فى التنوع الأعمى الذى يعمل على أساس دقيقة بدقيقة، مُغلَقاً على ما هو جيد ورافضاً لما هو سيئ. وليست هناك آلية لهذا النموذج للبصيرة، ولا طريقة هناك يمكن وضعها فى قطار المسيرة تجاه الهدف المقدر. ولو أن هناك تعقيداً أكبر يصنع بقاء أجود فى ذلك الوقت، وفقط فى ذلك الوقت، لكان قد تم اختياره، وإذا لم يكن فسيتم رفضه.

ثانياً : توجد أمثلة عديدة لعضويات نمت بشكل أقل تعقيداً مع الوقت، مثل السمكة التى تقطن فى الكهوف المظلمة، والتى بالتالى فقدت خاصية استخدام العينين. وهذا ليس مفاجئاً حيث توجد ظروف، يكون فيها التعقيد الزائد مزعجاً. لأن العضويات ذات الوفرة أو التعقيد المسهب، قد لا تتمكن من البقاء فى ظل شروط متقشفة أو فقيرة الطابع، أو تبرهن على أنها تحمل مزيداً من الحمولة

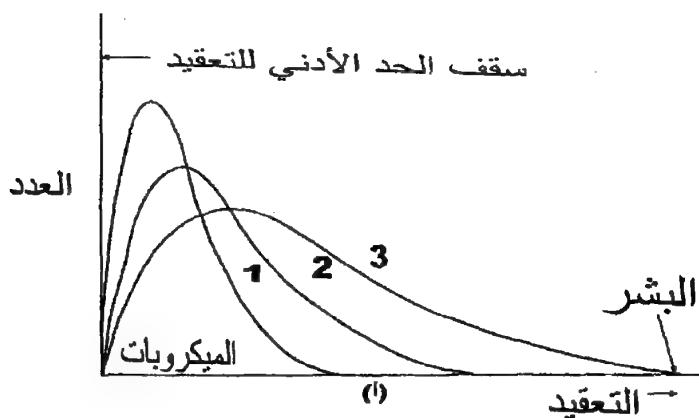
الزائدة حينما تستمر فى الحياة فى تلك الظروف. وهناك مثال تقليدى على النكوص أو التراجع البيولوجى وهو وحش سبيجلمان Spiegelman، الذى أتيت على ذكره فى الفصل الخامس. حيث تقوم الرنا كوسيلة تغذية بترفع أو إنقاص نفسها، لتصبح مجرد شريحة من حجمها الفيروسى وذلك من أجل أن تعيد النسخ بشكل أسرع.

وعندما تصل المسألة إلى سجلات الأحافير، فإن قائمة المعلومات تدعم فكرة الصراع الذى يغطى عملية انتشار أو تزايد التعقيد البيولوجى مع الزمن. وبينما بعض الأنواع تنمو على نحو بسيط، فإن البعض الآخر يصبح أكثر تعقيداً. ولكن باستثناء الكوارث الكونية، فإن المتوسط العام يتصاعد لأعلى. ومع ذلك، فعلياً أن نتوخى الحذر فيما يتعلق بهذا «المتوسط العام» ذلك أن الحياة بدأت بميكروبات بسيطة. وإذا كان لها أن تذهب إلى أى اتجاه، فلا محيص لها فى أن تتجه إلى مزيد من التعقيد، وطبقاً للدراسات البيولوجية، فإن التطور له سلوك عشوائى وهو يمشى وسط مجال الإمكانيات البيولوجية، وهو أعمى يتلمس طريقه دون توجيه. ومن الواضح أنك إذا بدأت موضوعاً لحالة بسيطة، وحتى لو نزهة عشوائية فإنها ستميل إلى أخذك إلى اتجاه به مزيد من التعقيد، على الأقل فى البداية.

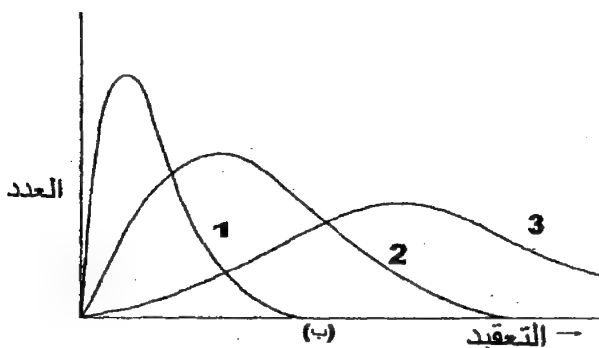
وقد شرح ستيفن جاى جولد Stephen Jay Gould هذه النقطة جيداً، باستخدامه تشبيهاً يقف فيه مخمور ماء، مستنداً إلى جدار من القرميد، وعندما يبدأ فى التعثّر حوله، يجد نفسه فى النهاية وقد سقط فى قناة البالوعة^(٣٩). والمخمور لم يصل إلى البالوعة، لأنه كان يسعى إليها، ومن ثم تحرك نحوها بشكل منهجى. وإنما هو فى الواقع كان مرتبكاً وعلى نحو عشوائى. وبالنظر لأى وقت أو وقت محدد سيظهر ذلك المخمور، وكأنه متجه إلى السور فى الوقت الذى يكون فيه مبتعداً عنه. وتتحصر النقطة هنا فى أن الحائط قد عاق حركته فى اتجاه واحد، فمن الواضح أنه فى حدود المتوسط العام أشبه بالذى يبحث عن مسلك آخر خارجه، وفى مجرى سيره ذاك، سيتجه لمواجهة البالوعة ببساطة عن طريق

المصادفة. وقد أشار جولد إلى أن هناك حدودًا لدرجة البساطة التي يمكن أن تكون عليها العضويات، ليظل مصطلحًا عليه بأنه «حيّ». وهذا ما يتطابق مع الحائط، ولو أن الحياة بدأت من عند الحائط مثل: عن طريق أبسط الخلايا، ثم تدخلت العشوائية، فإن المتوسط العام لا يتسنى أن يتجنب الانتشار من خلال توزيع يتزايد عبر ترنحات ذلك الإنسان الثمل (انظر الشكل ١٠ - ١ «أ»)، إلا أن جولد حذرنا من التفكير في هذا الاضطراب البسيط كميل أو كاتجاه منتظم. وأكد أنه ليس أكثر من تعبير عن العشوائية بالنسبة للإمكانات المتاحة.

وأنا أظن أن جولد على حق تمامًا. إذ لو أن انتشار التعقيد مع الزمن هو مجرد - نتيجة للعشوائية القادمة من البساطة، فلا يمكن اعتبارها أشبه بالقانون الموجّه. ولكي تُقِيمها كاتجاه حقيقي، فإن قائمة المعلومات لا بد أن تتشابه مع الشكل (١٠ - ١ «ب») وأيًا ما كان هناك اتجاه حقيقي للتطور، بالإضافة لحائط الرجل المغمور فيما يتعلق بالتطور فهو أمر متروك للبحث العلمي ليحدده، إذن أين هي الحقيقة؟ هل هي «أ» أو «ب»؟.



(الشكل ١٠-١ «أ»)



(الشكل ١٠-١ «ب»)

سلم للتقدم؟ التعقيد البيولوجي ينتشر مع الزمن، ولكن هل هناك اتجاه منتظم له، أو هو فقط اضطراب عشوائي خارج على «حائط» البساطة؟ نموذج الانتشار الذي يدعمه جولد، هذا الذي يظهر في الشكل «أ» والأقواس ١، ٢، ٣، تمثل عصوراً نالجة، أما الحياة فتبقى مسيطراً عليها بواسطة الميكروبات، ولكن ذيل التوزيع هو الذي تبو حوافه ناحية اليمين. فلو أن هناك اتجاهًا نهائيًا للتعقيد، فإن الأقواس تصبح قريبة الشبه لما في الشكل «ب».

للأسف، فإن المسألة ليست سهلة، إذ كلما كان التعقيد أكثر ويميل إلى أن يصبح ملحوظاً، فإننا نجعله حالة أو بمنزلة الميكروبات. ولكن بما أن جولد أكد على أن معظم الحياة على الأرض هي ميكروبية، ومن ثم فإن الزعم بحياة متقدمة هو بالفعل ذيل للتوزيع، وعلينا أن نكون حذرين من القول بأن الذيل هو ما يوسع الكلب. ومن الناحية الأخرى، فإن الميكروبيولوجيين يعتقدون بأنه حتى الميكروبات لها يد في ذلك. وبلا شك، فإن معظم الميكروبات البدائية «اليوم تظل عالية التعقيد» عن الخلية الحية الأولى. وعليه فلو أن معظم الحياة على كوكب الأرض تظل ملتصقة بمستوى الميكروبات، فحتى مع هذه الدرجة، فيبدو أن هناك اتجاهًا عامًا صوب التعقيد. وعندما تأتي المسألة إلى الحياة الوافرة الخلوية، فإن أكثر الطرق استقامة لاختبار امتحان سجلات الأحافير، هو للأسف أكثر غموضاً أو التباساً. لأن

السجل نفسه مُتَشَطِّ، حيث هناك على سبيل المثال اتجاه نحو مزيد من التعقيد من حيث تصاعد حجم الدماغ الأولي مع الزمن. وفي وضع الأمر عكس ذلك فقد اتجه جولد إلى الدراسة التي أجراها دان ماكشو Dan McShea من «معهد سانتا في لدراسة التعقيد» Santo Fe Institute for Study of Complexity، والتي فشل فيها في العثور على أى اتجاه عام نحو التعقيد في «عامود» الفقاريات^(٤٠). وعلى الجملة، فإن الدليل على تقدم نظامي للتعقيد يظل غير مترابط: «لا يزال المُحكَّمون في الخارج»^(٤١).

وبالطبع، فإن مشابهة حائط الرجل المخمور تتصل فقط على مدى توقع عشوائية التعقيد. وقد أكد^(٤٢) ريتشارد داوكنز Richard Dawkins أنه بالرغم من أن التحولات الفردية هي بصفة عامة عشوائية، فإن الاختيار الطبيعي ليس أكثر من ذلك. الاختيار يفلتر تلك العضويات الأقل أفضلية في التكيف مع ظروفهم، بينما يكافئ هؤلاء الذين تكيفوا بشكل أفضل، والذين لا يمكن تجنب قيادتهم لميل أو توجه لتكيف أفضل. ولكن التكيف الأفضل، قد يتضمن أو لا يتضمن، زيادة انتشار للتعقيد. فتعريف «أفضل العضويات تكيفاً، سوف يتفاوت على أى حال اعتماداً على التغير الحادث في الظروف البيئية. فليس هناك تقدير مسبق لمن هو «أكثر المتناسبين» و«الأمتل» أو الأفضل تكيفاً، وليس هنا «هدف ثابت» يعمد إليه الاختيار الطبيعي «لإحصاء» أو منع خصوبة التطور. وأى توجه للتكيف يكاد يشبه تضمته لعملية تثبيت مؤقت، وبالتالي لا يشكل جزءاً من ميل عام.

ويرى معظم البيولوجيين أن أى نماء للتعقيد سوف يعتبر مُرضياً إذا ما تم قياسه بتأثير مسيرة الرجل المخمور. ومع ذلك فثمة تشكيكات في وجود «أجندة» عمل أيديولوجية مخفأة وراء السطور. ومن ناحيته لم يخف جولد أى أسرار حول حقيقة اعتقاده حول استخدام التعقيد كوكيل أو نائب للتقدم، حيث يراه مفهوماً ضاراً

على أرضية الأيديولوجية، ولهذا كتب يقول^(٤٣): «معظم الطلبة العارفين لتاريخ الحياة، دائماً ما استشعروا قسّ سجل الأحفورات فى مدّنا بأكثر ما هو مرغوب فيه من عنصر أساسى أو نُقُوم على أساسه الأشياء ولتحقيق «الرفاهية الغربية» "Western comfort"، وذلك فى إشارة واضحة للتقدم تقاس كشكل ما للانتشار الثابت للتعقيد ككل عبر الزمن. إلا أن جولد لم يقايض على هذه النظرة المريحة، حيث علّق ساخراً على ما فى الحياة من روعة وفخامة بأنها لا هدف لها^(٤٤).

نحن مجرد مصادفات سعيدة لعمليات غير متوقعة وليس لها أى توجه للتعقيد، وليست النتائج المتنبأ بها لمبادئ التطور، على أنها توافقة لإنتاج مخلوق قادر على فهم أسلوب، بناؤه هو الأساس والضرورى.

وطبقاً لجولد فإن الاعتقاد بتقدم التعقيد، ليس إلا نوعاً من الحنين لبقايا «العاطفية» السابقة على الداروينية، وأفكارها الموصلة بتصميم أجرته قوى فوق طبيعية. وبعد أن توارت يد الرب عن المسألة منذ قرن ونصف القرن، فقد كان البيولوجيون أكثر تفهماً لمعارضة إعادة تلك النظرة فى زى أو مظهر قانون الطبيعة.

وأنا أوافق جولد مرة ثانية على نظريته تلك. لأن اتجاهها لانتشار التعقيد، سوف يمدنا بدليل على غاية أو هدف لهذا الكون، وهى أيضاً لن تعوق القاعدة الرئيسية للمصادفة وسوف يرتفع السؤال حينئذ، بما هى بالضبط السمات البيولوجية الناتجة عن المصادفة. وما المتوقع أن يكون جزءاً من اتجاه؟ ومن الصعب تخيل أن التفاصيل الصغيرة كعدد الأرقام تحت العشرة أو وجود حواجب للعيون، يمكن أن تكون إعلاناً مباشراً لقانون أساسى. ومن الناحية الأخرى فإن البناء الأساسى والضرورى للعضويات الجزيئية، سيكون كذلك نتاجاً لمبادئ رياضية للتنظيم^(٤٥). وفى رأى أن المسألة قد تتحول إلى ذلك، ولكننى سأدع دى دوف ليقول الكلمة

الأخيرة في ذلك، حيث اقترح أنه بمجرد جَزّ الشجرة أو تجريدها من غطائها المدقّق والمدروس بعناية^(٤٦)، فإن بناء الساق بنمائه البارز تجاه مزيد من التعقيد سيكون واضحًا تمامًا.

هل العقل محتوم بالقضاء والقدر؟:

«اختراع الكون طريقة ليعرف بها ذاته»

آلان دريسلر^(٤٧) Alan Dressler

من بين كل البناءات المعقدة المُنتجة بمعرفة البيولوجيا الأرضية، فليس ثمة ما له معنى أو مغزى مثل العقل، الذي هو أكثر الأعضاء كلها تعقيدًا. فهل العقل كان مجرد مصادفة عشوائية للتطور، أو هو نتاج ثانوى لا محيص عنه لشبه قانون عملية التعقيد؟

وهناك افتراض عام بأن الحياة لو ظهرت على كواكب أخرى، فستكون متوازية مع الحياة على الأرض في نموها التطورى. ومؤيدو SETI (وهو اختصار للبحث عن الذكاء خارج كوكب الأرض *search for extraterrestrial intelligence*)، يناقشون أنه عبر بلايين السنين، فإن الحياة خارج الأرض ستتعقد، لدرجة تشكيل المزروعات والحيوانات، وفى النهاية ستكتشف الإدراك والذكاء، تمامًا كما حدث هنا على الأرض. وعلى الأقل بالنسبة لشريحة من الكواكب غير المأهولة، فإن الحياة الذكية - يستمرون فى القول - سوف تتقدم لدرجة التقنية، وبعضًا من تقنية الاتصالات فيها ربما يحاول الآن الاتصال بنا من خلال الإشارات الإشعاعية. وهكذا يتضامن الباحثون فى SETI بصفة عامة مع مفهوم سلم التقدم، بالموافقة على أن الحياة، بل أيضًا العقل بمعنى من المعانى كان محتومًا ومقدر أن يظهر فى الكون.

هذه الوجهة من النظر، رغم نقشيها وسيادتها، فهي تخفى مرة ثانية افتراضاً ضخماً حول طبيعة الكون، فهي من حيث التأثير تعنى الموافقة على أن قوانين الطبيعة مجهزة، ليس فقط من أجل خاطر التعقيد، وليس فقط من أجل الحياة، وإنما أيضاً من أجل العقل. ولوضع الأمر في شكل درامى: فإنها تتضمن أن العقل مكتوب أو مقدر في قانون الطبيعة بطريقة أساسية. وبذلك يكون له مغزى كبير، بالتأكيد أن نتاج توجه تعقيد الطبيعة - الذكاء مثله مثل النوع البشرى - يعتبر قادراً على فهم القوانين التى أنشأت «الفهم» فى المقام الأول.

إنها بالفعل فكرة موحية. ولكن هل تقبل التصديق؟ هل يتسنى لنا الاعتقاد بأن الكون ليس فقط متعاطفاً بيولوجياً، وإنما يتعاطف مع العقل أيضاً؟ وفى عام ١٩٦٤ كتب البيولوجى جورج سمبسون George Simpson بحثاً تشككياً بعنوان^(٤٨): «حول عدم سيادة الكائنات الشبيهة بالإنسان» *On the nonprevalence of humanoids*، أكد فيه عدم جدوى البحث عن حياة متقدمة خارج الأرض، واصطلح لتسمية ذلك «المخاطرة أو المغامرة» الأكثر عداءً للفروق والمميزات فى التاريخ، «مشيراً إلى أن الإنسان كان يتجه لأحداث خاصة تاريخية لا حصر لها. وانتهت إلى أن الافتراض المتحرر الذى يراه الفلكيون والفيزيائيون وبعض البيوكيميائيين بأن الحياة متى بدأت فى أى مكان، فإنه لا مندوحة من ظهور أشباه الكائنات، هو افتراض محض زيف».

وفى مناقشة مؤخراً مع كارل ساجان Carl Sagan العناصر لـ SETI مع البيولوجى إرنست ماير Ernst Mayer، والذى يعتبر صدى لسيمبسون وتشكيكاته^(٤٩): «فوق الأرض وعبر ملايين السنين فى خطها المستقيم هى العضويات، وربما خلال ٥٠ بليون حادث تخصيصى، كان واحد منها فقط، هو الذى أدى للذكاء، وهو ما يجعلنى أعتقد مشوباً برائحة الاحتمالية».

وبالتشابه مع ذلك، أعلن ستيفن جاى جولد أن الحياة كان مقدر عليها أن تنتج العقل. وقال أيضاً إنه لو تخيلنا بعض الكوارث التى ألهمت أو أجديت كل

الحياة المتقدمة على الأرض، مبقية فقط على الميكروبات فما الذى سيحدث؟ هل نتوقع نموذجًا عريضًا للتطور مع الأسماك والفقاريات والزواحف والثدييات والحيوانات ذات القدمين الذكية، كل هذه هل ستعاود الظهور؟ وانتهى إلى أن شيئاً من ذلك سيحدث، ولو على مستوى جزء منه. وتاريخ الحياة على الأرض عبارة عن «يا نصيب كبير» فيه مزيد من الخاسرين أكثر من الرابحين، وتضمنين الكثير من أحداث القدر، والكثير من الانعطافات التى لا يمكن تجنبها، والتى تعنى فى مجملها أن نموذج المتغير فى جملته عشوائى بالضرورة. إن بلايين الخطوات التصادفية التى صنعت تناسلنا ونزيتنا لم تقع مرة ثانية بالتأكد، حتى على مستوى الخطوط العريضة. «يجرى التاريخ فى ممر آخر». بحيث إن معظم الإعادة سوف لن تنتج... مخلوقاً له وعى ذاتى «على نحو ما كتب^(٥٠)»: «فرصة عودة هذا الوضع، متضمناً ما يشبه أو يقترب من الكائن الحى تعادل الصفر تماماً».

من الصعب أن تخطئ فى رصد منطق جدلية سيمبسون وجولد. فإذا كان التطور ليس إلا «لوترية» أو يا نصيب، أو مسيرة مخمور مترنج، فثمة سبب صغير لماذا ستتوجه الحياة إلى ما وراء مستوى الميكروبات، ولا توقعات عما إذا كانت ستتقدم بالضرورة تجاه الذكاء والوعى، والذى يظل أقل من تطور سلوك أشباه البشر؟ وحينئذ سنكون مجبرين على الموافقة على حنين مونسلا، لتعزيتنا والتسرية عنا^(٥١)، بأن الإنسان فى النهاية يعرف أنه وحيد فى كثافة واتساع الكون غير المحسوسة، والذى ظهر هو فيه على سبيل المصادفة». فقط لو أن هناك ما هو أكثر من المصادفة، فقط لو أن الطبيعة لديها حقيقة خطأ موروباً فى ميناها تجاه الحياة والعقل، هل سنتوقع أن نرى شيئاً مثل التطور المنتشر الحادث على الأرض، مكرراً على كواكب أخرى؟

إن البحث عن الحياة فى مكان آخر غير الأرض هو إذن أرضية اختبارية لوجهتى نظر عن العالم متعارضتين على نحو درامى. فمن ناحية هناك العلم الأرثوذكسى بفلسفته العدمية للكون اللا غائى، وقوانينه اللا شخصية المتغافلة

للنهايات، كون تصبح فيه الحياة والعقل، والعلم والفن، والأمل والخوف، ليست إلا زخارف صدفوية متقلبة على سجادة من كون فاسد متعذر إلغاؤه. ومن الناحية الأخرى ثمة وجهة نظر أخرى بديلة، لا يمكن إنكار عاطفتها، ومع ذلك ربما تكون صادقة. إنها النظرة القائلة بالتنظيم الذاتى والتعقيد الذاتى فى الكون، والمحكومة بقوانين حقيقية، والتي تشجع المادة على التوجه إلى الحياة والوعى. كون يصبح فيه ظهور الإنسان المفكر أساسيًا ومعتبرًا كجزء مقوم للكلية كمذهب للأشياء. كون لسا فيه وحدنا.

(١) إقلاق أو إرباك الكون "Disturbing the Universe" لـ: فريمان دايسون "Freeman Dayson" (Harper & Row, New York, p. 250). وكان ستيوارت كوفمان قد ناقش هذا الخط بشمول واسع في كتابه: مع الكون كوطن "At Home in the Universe" (Oxford University Press, Oxford " (1995)).

(٢) (The Philadelphia Inquirer, 9 April 1997).

(٣) هي فعلاً تخفى دمجاً بين الضرورة وكفاية الظروف، والذي يمثل تخطيطاً منطقياً أساسياً. فالمياه ضرورية للحياة كما نعرف، ولكنها بعيدة عن أن تكون كافية وحدها. وحقيقة أننا نعثر على الحياة كثيراً كلما وجدنا مياهاً سائلة على الأرض، ولكن هذا لا يضمن لنا وجود الحياة، إذا ما وجدنا مياهاً سائلة في مكان آخر، فهي لم تظهر في أى مكان جديد.

(٤) سحابة الحياة "Lifecloud" لـ: فريد هويل وشاندا ويكراما سنجي (Dent, London. (1978)).

(٥) الكون الذكي "The Intelligent Universe" لـ: فريد هويل (Michael Joseph, London (1983)).

(٦) الحياة نفسها: طبيعتها وأصلها "Life Itself: Its Nature and Origin" لـ: فرانسيس كريك (Simon & Schuster, New York (1981)).

(٧) المصادفة والضرورة "Chance and Necessity" لـ: جاك مونود "Jacques Monod".

(trans. A. Wainhouse, Collins, London 1971, p. 145).

(٨) الغبار الحيوى "Vital Dust" لـ: كريستيان دى دوف (Basic Books, New York 1995, p. 300).

(٩) عودة عينات من المريخ: أفكار مبنية وتوصيات لـ: كينيث نيلسون (مرجع سابق ص ١٣).

(١٠) لمزيد من الاطلاع على تقويم نقدى دقيق لهذه الفلسفة انظر: الأصول: قيادة متشككة فى طريق نشوء الحياة على الأرض "Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth" لـ: روبرت شاييرو "Robert Shapiro". (Summit Books, New York (1986)).

(١١) منذ الطبعة الأولى لهذا الكتاب، فقد لاحظت أن كثيرًا من البيولوجيين أصبحوا أقرب لوجهة نظر عن الحياة، على أنها منتشرة باتساع فى الكون. وتغيير من هذا النوع أصبح سببه محيرًا لى، باعتبار أن الأفكار الأساسية فى العلم ظلت كما هى.

(١٢) انظر التنزيل رقم ٨ (p.p. XV, XVIII).

(١٣) كما استقيت من: التطور من الجزيئات حتى البشر لـ: ب. س بندال (مرجع سابق، ص ١٢٨).

(١٤) تركيبات بيولوجية ذات صلة بالبيبتيدات فى ظل مشارطات بدائية ممكنة. "Synthesis of biologically Pertinent Peptides Possible Premordial Conditions" لـ: جارى ستينمان "Gary Steinman" وماريان كول "Marian Cole".

(Proceedings of the National Academy of Science 58, 735 (1976)).

(١٥) جذور قبل بيولوجية من تشكيلات تركيبات البروتين "Prebiotic roots of informaed protein synthesis" لـ: سيدنى فوكس فى: جذور الكيمياء الحيوية الحديثة "The Roots of Modern Biochemistry" الذى أشرف على تحريره هورست كلينكوف Horst Kleinkauf وهانزفون دورين Hans Von Dohren ولوثر جينيك "Lothar Joenicke".

(de Gruyter, Berlin 1988, p. 897).

(١٦) كما استقيت من شابيرو: الأصول "Origins" (التنزيل رقم ١٠ عاليه، ص ١٨٦، ١٨٧).

(١٧) الأصل، التطور وتوزيع الحياة فى الكون "The Origin, evolution and "

Cyril Ponnampneruma فى: البدايات الكونية ونهايات البشر "distribution of life in the universe لـ: سيريل بونامبيروما

Cosmic Beginnings and Human Ends الذى أشرف على تحريره كليفورد ماتاوز "Clifford

Matthews" وروى إبراهيم فارغيز "Roy Abraham Varghese".

(Open Court, Chicago 1993, p. 91).

(١٨) وباستخدام استعارة أخرى، فإنه يمكن القول بأنه كما أن السيلكون silicon يعتبر عنصرًا

شائعًا، فكذاك للكمبيوتر المحمول Laptop سوف ينتشر بشدة فى الكون.

(١٩) لقد ركزت مناقشتى على قوانين الفيزياء المعروفة، والتي شاع أنها بسيطة من وجهة

النظر الحسابية (باستثناء بسيط يتعلق بالجاذبية الكمية). وهذا افتراض قابل للتقويم. ويعلم

الرياضيون أمثلة حيث بتكرار قواعد بسيطة يتم استيلاء معلومات من نوع كالمونوجروف

- شيتان "Kolmogorov Chaitin"، هكذا من دون مقابل. ومن الممكن وجود

قوانين أساسية فى الكون يمكنها استيلاء معلومات حسابية لها صلة بالبيولوجيا بنفس هذه

الطريقة. وإذا كان الأمر كذلك، فإن هذا سينشئ حتمية بيولوجية، وهنا أنا ممتن لـ:

جيفرى شاليت Jeffrey Shallit بسبب جذب انتباهي لهذا الأمر.

(٢٠) وهذه النتيجة ترجع لـ: جودل Gödel بسبب نظريته الرياضية: اللا تمامية

"Incompleteness".

(٢١) وهو عبارة عن تقنية تجارية تستخدم فى قائمة تخزين الصور المعقدة. لأنه من الأرخص

بالنسبة للمعلومات أن تُشغّل أو تُشعّب "tractalize" الصور العادية بدلاً من العبث بها

"pixelate". انظر على سبيل المثال: جهاز التشعيب بضع نموذج الفيديو على الخط

"Fractals set the pattern for online video" لـ: بارى فوكس "Barry

Fox". (New Scientist, 7 September 1996, p. 23).

(٢٢) انظر على سبيل المثال: الطبعة المبدئية للكون لـ: بول دافيز (مرجع سابق). الفصل الخامس).

(٢٣) الأصل الكيميائي للحياة "The chemical origin of life" لـ: كريستيان دي دوف في: الأصول الفلكية والبيوكيميائية والبحث عن الحياة في الكون، والذي أشرف على تحريره: س. ب. كوزموفيكى: وآخرون (مرجع سابق، ص ٣٩٢).

(٢٤) أصول النظام لـ: ستيفارت كوفمان (مرجع سابق، ص ٢٨٥).

(٢٥) أريد أن أكون محدداً، وأكثر دقة، فيما يتعلق بما أعنيه بقانون فيزيائي، وهو موضوع يتصل بشدة بعملية التعريف. فهناك قوانين فيزيائية، مثل قانون أوم "Ohm" يشير إلى جميع خواص متشابهات واسعة في الذرات. وربما تظن بمثل هذه القوانين أنها ثانوية أو منبثقة كمعارضة في مواجهة القوانين المبدئية أو الأساسية، مثل معادلات ماكسويل "Maxwell"، الخاصة بالجاذبية الكهربية. فإذا كان ثمة مبدأ حياة "Life principle" في الطبيعة، فلا أعتقد أنه سيعمل على مستوى الطريقة المفهومية لمعادلات ماكسويل. وإلا سيشير إلى الخواص الجمعية الانتظامية للأشياء. وهكذا سيكون قانوناً «منبثقاً»، وبالتأكيد قانون أساسى عند مستوى وصفه، ولكنه غير قابل للإنقاص أو الإيجاز أو ممكن وصفه بمصطلحات مستوى «القاع» كقانون للفيزياء الرئيسية.

(٢٦) انظر على سبيل المثال: على حدود التعقيد "Frontiers of Complexity" لـ: بيتر كوفنى "Peter Coveney" وروجر هايفيلد "Roger Highfield". (Ballantine, New York 1995, Chapter 4).

(٢٧) الحياة الاصطناعية "Artificial Life" لـ: كريستوفر لانجتون "Christopher Longton". (Redwood City, Co. (1988)). ولتقدير مبسط وميسر انظر كوفنى Coveney السابق الإشارة إليه في التذييل السابق: الفصل الثامن.

(٢٨) فى الفصل الأول سقت فكرة أن الجاذبية يمكن أن تلعب دوراً فى هذا. انظر أيضاً التذييل رقم ١٩ هنا.

(٢٩) انظر: خطوات فى اتجاه الحياة "Steps Towards life" لـ: مانفريد إيجن (tras. P. Woolley, "Manfred Eigen". Oxford' University Press, Oxford 1992, p. 12).

(٣٠) على سبيل المثال: فقد كتب كوبرز "Küppers". وعلى ذلك، فإنه إلى جوار المبدأ الداروينى لا بد أن هناك مبدأ آخر للتنظيم الذاتى للمادة يحكم انتقالها من «اللا حياة إلى الحياة». انظر: نظرية تطور الجزيئات Melocul or Theory of Evolution لـ: بيرند أولاف كوبرز "Berned-Olaf Küppers".

(Springer Verlage, Berlin 1985, p. 279).

(٣١) هذا السيناريو مشابه للذى وضعه إيجن "Eigen"، حيث تقوم الدوائر المتطرفة بتضخيم أو تكبير انتقائية النظام، ويمكنها بالتالى من تجاوز الداروينية (انظر: الفصل الخامس).

(٣٢) لمراجعة مشكلة المقاييس الكمية انظر على سبيل المثال: الشبح فى الذرة "The Chost in the Arom" لـ: ب.س. دافيز، ج. ر. يراون (مرجع سابق).

(٣٣) أباطرة العقل الجديد "The Emperors New Mind" لـ: روجر بنروز (Roger Penrose". Oxford University Press, Oxford 1989, Chapter 10).

(٣٤) ومن الغريب أن الدنا لها عشر شيات، وبعد ذلك خمس شيات عندما ينظر إليها من آخرها.

(٣٥) انظر: متنامية فينمان (مصدر سابق).

(٣٦) طالما أننا قلنا بحدس أن الحياة ربما عززت قوى عمليات معلوماتها بشجاعة، باستخدام التأثيرات الكمية. فثمة دليل جديد ومباشر لدعم هذا الاتجاه قام أبورثا باتل بتركيبية. حيث أعد نموذجًا عن احتمالية قيام الدنا بتشكيل جزيئات مترابطة باستخدام عمليات تذكرنا بالحوسبة الكمبيوترية، موضحًا أن ما نحصل عليه من

أرقام من الشيفرة الجينية تحدث بدورها فى حساب جروفر "Grover" وهو قاعدة رياضية للحوسبة الكمبيوترية الكمية. انظر: الفيزياء الرياضية والحياة "Mathematical physics and Life" لـ: أبورثا باتل Apoorva Patel فى: الحوسبة وعلم المعلومات اتجاهات حديثة.

"Computing and Information Science: Recent Trends" (ed. J. C. Misra, Narosa Publishing House, New Delhi, 2002, p. 270).

(٣٧) انظر: التذييل رقم ٨ وص. XVIII.

(٣٨) فى مراجعة متأخرة عن الاتجاهات فى التطور، خصوصًا نزعة انتشار التعقيد فقد خلص سين كارول "Sean Carrol" من جامعة وسكونسين بماديسون إلى: افتراض أساس خلوى للحياة... فإن للنزعة الأقوى للانتشار أو التزايد فى الحجم العضوى تعقيدًا وتنوعًا من متناهى الصغر فى البداية، من المؤكد انكشافها أو ظهورها فى أى نظام: «انظر: المصادفة والضرورة: تطور التعقيد المورفولوجى (التشكلى) والتنوع» "Chance and necessity: the evolution of morphological complexity and diversity" (Nature 409, 22 Februry 2001, 1102).

(٣٩) فخامة الحياة لـ: ستيفن جاى جولد (مرجع سابق).

(٤٠) انظر التذييل رقم ٣٩، ص ٢٠٢-٢١٢.

(٤١) الدفاع الأكثر بيانًا ووضوحًا بعكس دعوى جولد "Gould" هو أن سجل الأحافير يظهر لنا اتجاهًا لتزايد التعقيد، والذى قال به سيمون كونواى موريس "Simon Conway Morris" من جامعة كامبريدج. انظر: على سبيل المثال: كتابه: محنة أو الاختبار القاسى للنشوء "The Crucible of Creation" (Oxford University Press, Oxford 1998).

(٤٢) تسلق الجبل غير القابل للتحقيق "Climbing Mount Improbable" لـ:

ريتشارد دوكينج "Richard Dawkins" (Viking London 1996).

(٤٣) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ١٩٧.

(٤٤) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ٢١٦.

(٤٥) كثير من العلماء ناقشوا فكرة أن بعض التشكل البيولوجي ووظائفه قد تحدت

وفقاً للمبادئ الرياضية للتعقيد أكثر من أن تكون داروينية. انظر على سبيل

المثال: كيف غير النمر النقاط أو البقع المنتشرة على جلده "How Leopard

"Changed Its Spots" لـ: بريان جودوين "Brian Goodwin".

(Weidenfeld & Nicolson, London 1994).

(٤٦) انظر: التذييل رقم ٨ ص ٢٩٩.

(٤٧) رحلة إلى الساحر الأعظم "Voyage to the Great Attractor" لـ: آلان

دريسلر "Allan Dressler". (Knopy, New York, 1994, p. 335).

(٤٨) عدم سيادة أشباه الإنسان لـ: جورج جاي لورد (مرجع سابق).

(٤٩) البحث عن الذكاء في فضاء ما بين النجوم: هل هو بحث علمي أو تفاؤل أحرق

بأكمله؟ "The search for extraterrestrial intelligence: "

"Scientific quest or hopeful folly ?". في جلد قام بين أرنست ماير

Ernest Mayr وكارل ساجان "Carl Sagan".

(The Planetary Reprot, 16, 4 (1996).

(٥٠) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ١٧٥ — ٢١٤ — ٢١٦.

(٥١) انظر: التذييل رقم ٧ ص ١٨٠.

معلومات سريعة عن أهم ما ورد في الكتاب من

موضوعات وأسماء أعلام .. مرتبة تبعاً للألفبائية العربية

(إعداد المترجم)

أولاً: الأسماء:

- أبيقور (٤٣١ - ٢٧٠ قبل الميلاد) Epicurus

- فيلسوف إغريقى قديم ومؤسس لمذهب الأبيقورية (مذهب اللذة)، والتي شكلت مدرسة قائمة بذاتها في الفلسفة الهلنيسية امتدت لحوالى ستمائة عام، ومن المعروف عنه أنه كتب أكثر من ٣٠٠ عمل لم يبق منها سوى شذرات وأتباعه هم الذين نقلوا لنا معرفتنا به.

- يرى أن هدف الفلسفة يتحصل في الحفاظ على الحياة السعيدة (اللذة) الهادئة المتسمة بغياب الألم (عكس اللذة) والخوف، وأن تعيش مكتفياً بذاتك ومحاطاً بالأصدقاء، بما يعنى أن السعادة والألم هما مقياس ما هو حسن وما هو سيئ، وأن الموت هو نهاية (الجسد والروح)، ومن ثم لا يجب أن نخاف من أن الآلهة سوف لا يكافئون البشر أو يعاقبونهم، لأن الكون لا يتناهى وأبدى، كما أن الوقائع فى العالم تقوم كلية على حركة وتفاعلات الذرات المتحركة فى الفضاء الخالى.

- أنشأ مدرسة بقليل من الأتباع المخلصين - والتي توسعت بعد ذلك وتزايدت أعدادها، لدرجة أنها شكلت مع المدرسة الرواقية والمدرسة الشككية، الثلاث الرئيسى طوال فترة العصر الهلنيسى، والتي استمرت حتى العصر الرومانى المتأخر.

- بعد الموافقة الرسمية على المسيحية بواسطة الإمبراطور الروماني قسطنطين، أصبحت الأبيقورية متعارضة مع المعتقد المسيحي، بسبب اعتقادها بأن الآلهة مشكلة من أجسام فيزيائية من الذرات غير المهتمة بالبشر وشئونهم، وأنها لم تقم بخلق العالم وعدم اعتقادها بثنائية الجسد الفاني والروح المخلدة، وعليه توارت المدرسة الأبيقورية بعيدًا.

- ولكن أعيد طبع ونشر أعمال أبيقور وديوجين اللايرتي بأوروبا في القرن ١٦ لتعود مهاجمة المسيحية لها، ثم أحيائها مرة أخرى في القرن ١٧ قس فرانسكاني فرنسي. وفي العصر الحديث تبنى العلماء الفكر الذري، واحتضن الفلاسفة الماديون الأبيقورية كمذهب للمتعة الأخلاقية التي تعنى أن اللذة والسعادة هما الخير الأوحد في الحياة، مصرحين بأنها تصنف كغاية طبيعية.

- إدمون هالي (١٦٥٦ - ١٧٤٢) Edmond Halley

- فلكي إنجليزي ورياضي وجيوفيزيائي وعالم بالأرصاد الجوية وفيزيائي.
- في حوالى العام ١٦٧٩ استطاع أن يثبت صحة ملاحظات الفلكي جوهانس هافيلوس Johannes Havelius (الذى لم يكن يستخدم تيليسكوبًا)، ونشر وقتئذ مصنفًا يحتوى على تفاصيل ٣٤١ نجمًا جنوبيًا، ثم فى العام ١٦٨٠ نشر الجزء الثانى من مصنفه ذاك، والذى احتوى رؤيته عن الرياح التجارية والرياح الموسمية، وأيضًا مقولة إن حرارة الشمس هى المسئولة عن حركات الجو، وتأسيس العلاقة بين الضغط الجوى البارومترى ومدى الارتفاع عن سطح البحر.
- قام بدراسة اكنوارية مهمة عن مستويات الحياة والموت، ساهمت فى تطور علم التأمين.

- له تجارب عن ضغط المياه، قام بها بنفسه ومعه عدد من أقرانه، كما قاد أول مركب (شبه شراعى) يقوم بمهمة علمية فى المحيط الأطلنطى.
- فى عام ١٦٩٢ أبرز فكرته عن « الأرض المجوفة "Hollow Earth"، باعتبارها تشتمل على قشرة، سمكها ما يقرب من ٨٠٠ كم وبداخلها قشرتان أخريان، وفى العمق من ثلاثتها يستقر القلب، الذى يبلغ مداه إلى ما يقرب من كوكب الزهرة أو عطارد أو المريخ. واستنتج من ملاحظاته أن الجو داخل الأرض مضىء ويمكن أن يصبح مسكوناً.
- وفى نمذجة كمبيوترية حديثة جداً لموديل الأرض جاءت النتائج داعمة لمقولات هالى، وبالذات فيما يتعلق بالطبقات القشرية الثلاث المتحدة المركز.

- أرسطو (٣٨٤ - ٣٢٢ قبل الميلاد) Aristotle

- فيلسوف يونانى قديم وتلميذ لأفلاطون، حيث يعتبران من أعظم النماذج العقلية التى أخرجتها اليونان، وإن كان يختلف عن أستاذه فى استشرافه كل ميادين المعرفة العقلية، ولذا أثرت كتاباته، طويلاً وجذرياً، على الأفكار الغربية والإسلامية.
- ينحدر عن أسرة حائزة على مناصب متعددة، نخص منها والده، الذى كان الفيزيائى الخاص لملك مقدونيا، وبعد وفاته ذهب أرسطو لتلقى العلم فى «الأكاديمية» التى أنشأها أفلاطون، وفى الخمسين من عمره افتتح «الليسيوم» كمعهد ينافس «الأكاديمية»، وكانت أهم مساهمات هذا المعهد تتركز فى البيولوجيا والتاريخ.
- كانت عقليته واسعة بحيث غطت معظم العلوم وقتئذ، والتى اعتبر معها طليعياً، وإن أصبحت دراساته خارج «الموضة» وتحظى فقط بأهمية تاريخية.

- شمل ما نعرفه عن مؤلفاته (شبه المفقودة) احتواءها على مقالات وأبحاث في الجوهر والوجود وتعدد معاني المصطلحات الفلسفية، والفعل، والقوة، وفلسفة الرياضيات .. إلخ .. ومن أبرز ابتداعاته: المنطق الشكلي المعروف بالقياس الأرسطي، والذي كانت النظرة إليه كذروة للمنطق على مدى عدة قرون ولكن تم دحضه بعدها.

- إدسون باستن (١٨٧٨ - ١٩٥٣) **Edson bastin**

- ولد في شيكاغو وحصل على الدكتوراه من جامعتها، وهو أستاذ لعلوم الجيولوجيا وعلوم الأحاث **Paleontology**، التي تعنى بأشكال الحياة في العصور الجيولوجية السالفة كما تمثلها المتحجرات الحيوانية والنباتية، وكان عضواً بالجمعية الأمريكية لمسح الأراضي في الفترة من ١٩٠٤-١٩١٩، والتي مسحت معظم المناطق التعدينية، وتصاعدت شهرته في عشرينيات القرن الماضي، عند قيامه ببحث المياه الجوفية في حقول البترول، والتي أوضحت للمرة الأولى بأن كائنات عضوية ماكروية تعيش هناك في الأعماق تحت سطح الأرض.

- له مجموعة من الأوراق الخاصة محفوظة بمركز الأبحاث بمكتبة جامعة شيكاغو، وتحمل هذه المجموعة اسمه: (باستن، إدسون سندرلاند) وتتكون من ١١ خريطة مسح جيولوجي للولايات المتحدة بصفة خاصة ووسكنسن، والكثير منها يحتفظ برسوماته وتعليقاته عليها.

- يعرف أيضاً بمساهماته في الفضة والزنك ومخزوناتهما في وادي المسيسيبي.

- أبورفا د. باتل **Apoorva D. Patel**:

- أستاذ في مركز فيزياء الطاقة العليا والسموبر كمبيوتر في بانجلور "Banglore" وعضو في مركز عبد السلام (الحائز على نوبل مع آخرين) الدولي للفيزياء النظرية بتريستبا (إيطاليا).

- دراساته فى مجال الحساب الكمى وشفرة الجينات وأيضاً اكتشافه تفسيراً للبناء النووى للجينات، وبصفة خاصة لماذا تستخدم العضويات الحية قاعدة من أربع نيوكليدات فى الدنا و ٢٠ حمضاً أمينياً فى البروتينات.
- كما امتدت أبحاثه إلى الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء فى الفضاء، وأيضاً ما يعرف بـ «الحوسبة الكمية».

- سير أرثر ستينلى إدينجتون (١٨٨٢-١٩٤٤) Sir Arthur Stenely :Eddington

- فلكى وفيزيائى ورياضى إنجليزى، قام بأعمال كبرى فى مجال الفيزياء الفلكية، كما يعد أول شارح للنظرية النسبية باللغة الإنجليزية عام ١٩٢٠ فى تقريره «المكان، الزمان، الجاذبية» ورسالته الكبيرة: «النظرية الرياضية للنسبية» التى اعتبرها أينشتاين أنقى عرض للموضوع فى أى لغة كانت .
- فُجِّرَ فى أبحاثه موضوع تمدد الكون، والذى قدمه فى كتابه «الكون المتجدد» كما اقترح عام ١٩٣٣ ما يفيد إمكانية التوحيد بين نظريتى الكم والنسبية العامة للتوصل لحساب قيمة الكون المستقر، وبصفة خاصة بناؤه وقياس كتلة البروتون بالنسبة للإلكترون، ثم عدد الذرات فى الكون وهى المحاولة التى لم تتم حينئذ.
- من أكبر مساهماته (وتركزت فى الفلك)، بناء النظام النجمى وضبط الإشعاعات والمصادر دون الذرية للطاقة النجمية، ومقاييس النظام النجمى وديناميكا النجوم النابضة، والعلاقة بين كتلة النظام وسرعة الضوء، والنجوم القرمزية البيضاء التى تنثر المادة فى فضاء ما بين النجوم، وما يقال له خطوط الطيف.

- أعلن عن مناهضته للحرب العالمية الأولى، كما أوضح أن العالم لا يمكن اكتشافه بالعلم فقط، وإنما يدرك من خلال الحقيقة الروحية، وكان في ذلك متأثراً بالأفكار الكويكرية الدينية، التي وجدت لها مكاناً في كتبه ذات الطابع الفلسفي.

- إرفين شرودنجر (١٨٨٧-١٩٦١) Ervin Schrödinger :

- فيزيائي يحمل الجنسيّتين النمساوية والأيرلندية، حيث ولد في النمسا وتبادل الإقامة في الموقعين، وحقق شهرته عبر مساهماته في ميكانيكا الكم (معادلة شرودنجر)، والتي من أجلها حصل على جائزة نوبل عام ١٩٣٣، وفي عام ١٩٣٥ بعد مراسلاته الشاملة مع صديقه ألبرت أينشتاين، قدم اقتراحه بما يعرف بتجربة التفكير، من خلال نموذج القطة لشرودنجر.

- في معادلاته المشار إليها قدم تحولاً في الموجات الكمية للنظم المستقلة عن الزمن، وكيف تعطى الطاقة الصحيحة المسماة «قيم إيجن» للذرات الشبيهة بالهيدروجين، وهي المعادلة التي اعتبرت في الأوساط العلمية كأهم إنجاز في القرن العشرين، وفي بحث آخر بعده بأربعة أسابيع قدم حلاً للتذبذب المتناغم، والدوران الصارم والجزيئات ثنائية الذرات، بما يعنى توجيهها جديداً لمعادلتها. ثم في بحث ثالث أبرز تكافؤ الاقتراب الخاص بهايزنبرج، معطياً معالجة لما يعرف بالتأثير التام، وفي بحث رابع أوضح كيفية معالجة المعضلات في نظم متغيرة مع الوقت مثل العضلات المتناثرة. وكل هذه السلسلة من الأبحاث تعتبر إنجازاً مركزياً في حياته بأسرها، وأصبحت ذات أهمية بالغة في المجتمع العلمي.

- من بين مؤلفاته «ما هي الحياة» وهو الكتاب الذي كان له تأثير على جيمس د. واتسون، وألهمه البحث في المسألة الجينية والتي أوصلته لكشف تركيب الدنا.

- ومن المناطق المجهولة فى حياته العلمية مساهمته فى بحوث التلوين والصباغة.

- ومما يذكر أن حياته الشخصية «الفضائية» وإصراره على الحفاظ على زوجه وعشيقه، فى إقامة واحدة، سببت له كثيرًا من المتاعب بالنسبة لتولييه بعض المناصب الجامعية، لعدم تقبل المجتمع الغربى هذا الوضع، كما كان مؤمنًا بديانة الفيدانا الهندية.

- إراثموس دارون (١٧٣١ - ١٨٠٢) :Erasmus Darwin

- فيزيائى إنجليزى وفيلسوف طبيعى وفسيولوجى ومخترع وشاعر وعضو مؤسس للجمعية القمرية "Lunar Society"، وهى دائرة نقاشية ضمت عددًا من الرواد فى المجال الصناعى والفلاسفة الطبيعيين، والتى يعزى إليها قيام الثورة الصناعية فى إنجلترا.

- وباعتباره وندًا معتبرًا فى عائلة دارون الحافلة بالعلماء، فهو أيضًا الجد المباشر لتشارلز دارون صاحب «النشوء والارتقاء».

- وإن كان قد درس الطب فى مدرسة طب أدنبرة فغير معروف حصوله على درجة علمية فيها، وإنما ظل فيزيائيا ناجحًا طوال خمسين عامًا.

- من أبرز كتاباته :

• قضى ٧ سنوات فى ترجمة أعمال عالم النبات السويدى كارلوس لينىوس من اللاتينية إلى الإنجليزية، والتى أسفرت عن مطبوعتين :«نظام الخضراوات» و«عائلات النباتات» واللّتين نحت فيهما مسميات العديد من النباتات والمستخدمة حتى اليوم.

• كتب بعدها قصيدة هائلة عن «حب النبات»، والتى حوت صدى لأعمال لينىوس.

• ثم كتب «اقتصادات التغذية».

• من أهم أعماله العلمية : مملكة الحيوان Zoonomia (بين عامي ٩٤ و ١٧٩٦)، والذي حوى، على حد تعبير حفيده تشارلز دارون أفكارًا استبقت أفكار لامارك المعروف عنه التلويح بنظرية التطور، وقد بنى إراثموت أفكاره على نظرية التزاملية «associationism» والتي انتهت فيها إلى نتيجة، مؤداها أن خيطاً وحيداً لا بد أنه كان السبب في كل الحياة العضوية المعروفة.

• كما أن قصيدته الأخيرة، والتي تعد أبداع قصائده باعتراف كوليريدج وودورد ورث والمسماة «معبد الطبيعة»، والتي كانت فى الأصل بعنوان «أصل الاجتماع»، وفيها ركز على اهتماماته فى نظرية التطور وتعقب متواليه تطور الكائن العضوى من كائنات مايكروية إلى حتى المجتمع المدنى وهو ما قدمه فيما بعد الحفيد تشارلز دارون، فيما عدا فكرة «الاختيار الطبيعى»، أما القصيدة الأكثر شهرة فهي المسماة «الحديقة النباتية».

- كما كانت تربطه علاقة صداقة طويلة مع بنيامين فرانكلين الذى شاركه فى دعم الثورة الأمريكية والفرنسية.

- أفلاطون (٤٢٧ أو ٤٢٨ - ٣٤٧ أو ٣٤٨ قبل الميلاد) Plato:

- فيلسوف إغريقى كلاسيكى، ومشاركة مع أستاذه سقراط وتلميذه أرسطو قد أرسوا معاً أسس الفلسفة الغربية، وكان أيضاً رياضياً وكاتباً للحوارات الفلسفية ومؤسساً لأكاديمية أثينا كأول مؤسسة للتعليم العالى فى العالم الغربى - وقد تأثر كثيراً بأفكار أستاذه سقراط حتى إنه يمكن الاستدلال على ألميغته ككاتب ومفكر من قراءة محاورات سقراط، واعتبرت هذه المحاورات وغيرها من الكتابات التى نسبت إليه على درجة عالية من

العلو والتفوق، وإن كان يبقى سؤال لم يتأكد أحد من صحة إجابته، وهو أنه حاصر في الأكاديمية بما يعنى أنه مؤسس الوظيفة البيداغوجية لهذه المحاورات، والسؤال هو أين يقع سقراط فيها وأين هو؟. ومع ذلك فقد أفاضت المحاورات في تعليم موضوعات كثيرة منها الفلسفة والمنطق والرياضيات وعلم البيان وفن النثر.

- وطبقاً لما قاله ديوجين اللايرتى، فقد كان اسمه بالميلاد «ارستوكليس» تيمناً باسم جده، إلا أن معلمه لفن المصارعة خلع عليه اسم أفلاطون Plato، والذي يعنى بالإغريقية «الواسع»، نظراً للزيادة الواضحة فى فصاحته وبلاغته ولعرض جبنية، وقد رجع له الاسم الأصلي فى المرحلة الهيلينستية من تاريخ الفلسفة، حينما انتقلت الفلسفة الأفلاطونية إلى الإسكندرية.

- كان تأثيره عظيماً بصفة خاصة على الرياضيات والعلم، حيث ساعد على التمييز بين الرياضة البحتة والرياضة التطبيقية من خلال توسيع الشقة بين الحساب الذى يسمى الآن «نظرية الأعداد» وما له علاقة بالمنطق الرمزى والذى يسمى حالياً «علم الحساب»، حيث كان يرى أن المنطق الرمزى ضرورى لرجال الأعمال ورجال الحرب، وإلا لن يعرفوا كيف يصفون قواتهم، بينما المنطق الرمزى أو علم الحساب فهو يناسب الفلاسفة «لأن عليهم أن يطفوا أو يعلوا عن بحر المتغيرات ويستمسكوا بحقيقة الموجودات».

- ورغم إعجاب أينشتاين به نسبياً، فقد حاول بعض الفلاسفة الإقلال من شأنه وبالذات هؤلاء الذين فارقوا نماذج الفلسفة الأونطولوجية، ومثاليات الأخلاق مثل فريدريك نيتشه ومارتن هيدجر وكارل بوبر، الذى اعتقد أن نموذج الجمهورية عنده يعتبر نموذجاً بدائياً لسلطة الاستبداد، والوحيد الذى ناصر أفكاره فى مواجهة هؤلاء هو ليو سترأوس Leo Strauss

واعتبر أن محاورات أفلاطون تتضمن حلاً لما سماه المفكرون: «أزمة الغرب».

- ألكسندر إيفانوفيتش أوبارين Alexander Ivanovich Oparin

- بيوكيميائى سوفيى، وواضع لنظرية «أصل الحياة» وهى من أعماله المهمة، والتي قامت على أساس بيوكيميائى للمواد الخضرية وتفاعلات الأنزيم داخل خلايا النباتات، كما طور تأسيس الصناعة البيوكيميائية فى الاتحاد السوفييتى.

- أحياناً يتم تلقيبه بدارون القرن العشرين، وأصبح بطلاً للاشتراكية عام ١٩٦٩، وتلقى جائزة لينين عام ١٩٧٤، وميدالية لومونوسوف الذهبية عام ١٩٧٩ لأعماله المبهرة والفائقة فى المجال البيوكيميائى.

- فى بواكير عام ١٩٢٢ أكد المعتقدات التالية:

- عدم وجود فارق أساسى بين نظام حيوى والمادة غير الحية، والخواص والتراكيب المعقدة، التى تميز الحياة لأبد أنها ظهرت خلال عمليات تطور المادة.

- وبالنظر لما اكتشف مؤخراً من وجود الميثان فى أجواء كوكب المشتري والكواكب العملاقة الأخرى، فقد ادعى أن كوكب الأرض، وهو فى حالة الطفولة، قد اعتراه بشدة جو هادئ أو منقوص، محتوياً على الميثان والأمونيا والهيدروجين والمياه، ومن الضروري فى رأيه أن تكون تلك هى المواد الأولية للحياة.

- وفى البداية كان ثمة بعض محاليل الجواهر العضوية، والتى كانت خاضعة فى سلوكها لخواص مكوناتها الذرية وترتيبات هذه الذرات فى بناء الجزيء. وبالتدرج وكنتيجة للنمو وانتشار التعقيد فى

الجزيئات، ظهرت خواص جديدة وكيمائيات متصادمة استهدفت العلاقات البسيطة بين العضويات الكيماوية، وهذه الخواص تحدت بناءً على الترتيبات الثانوية والمحاذية للعلاقات بين الجزيئات.

• برزت فى هذه العملية خاصية المحافظة على النظام، حيث أدى التنافس وسرعة النماء والصراع من أجل البقاء، وفى النهاية الاختيار الطبيعى إلى تحديد شكل لمادة حياة، والتى تسم الأشياء الحية كما نعرفها اليوم.

- رسم خطوطاً لكيفية احتمال تشكيل عضو حيوى كيميائى عبر نظم ميكروسكوبية فى أحيزة ضيقة (لم يُجرّب ذلك معملياً بنفسه)، وهو ما أهّل العلماء لفعله عام ١٩٥٣.

- أندريه كولموجروف (١٩٠٣-١٩٨٧) Andrei Kolmogorov

- رياضى روسى أثّرت أعماله على فروع متعددة من الرياضّة الحديثة، كما قام بشكل خاص بمساهمات أساسية فى نظرية الاحتمالات التى تعتبر مجال تخصصه الرئيسى.

- نشر عمله الأهم عام ١٩٢٩ بعنوان: «النظرية العامة للقياس ونظرية الاحتمالات» وبعد التوسع فيها نشرت عام ١٩٥٠ تحت عنوان: «نظرية الاحتمالات»، والتى أنشأ فيها نظامين من المعادلات المختلفين جزئياً، ويحملان اسمه واللذين يصفان نقل الاحتمالية لعمليات ماركوف، كما يمدّاناً بوسائل للتعامل مع العضلات فى مجال الحركة وعمليات الانتشار، أما ما كان له صفة التأثير المباشر على مرحلة جديدة من العلم هو تطبيقه نظرية الاحتمالات فى مجال الفيزياء والكيمياء والهندسة المدنية والبيولوجيا.

- إلبا بريجوجين (١٩١٧-٢٠٠٣) : Ilya Prigogine

- فيزيائى بلجيكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء ومعروف بعمله الدؤوب على البناءات المبددة **dissipative**، والنظم المعقدة، وتلك التى لا يمكن إلغاؤها أو جعلها معكوسة.

- وترجع نظريته فى هذا المجال إلى تعريفه القاطع الأشكال أو البناءات المبددة ودورها فى نظم الديناميكا الحرارية، بعيدًا عن حالة التوازن، وهو الاكتشاف الذى حاز بسببه على جائزة نوبل عام ١٩٧٧، وهى النظرية التى أدت إلى بحثه الرائد فى التنظيم الذاتى، وأيضًا الأسئلة الفلسفية فى تشكيلات التعقيد عبر الجواهر البيولوجية ومطلب أو التنقيب عن قاعدة خلاقة وغير قابلة لمعكوسية الزمن فى العلوم الطبيعية.

- وقد نظر الكثيرون إلى أعماله كمعبر بين العلوم الطبيعية والعلوم الاجتماعية، حيث طور مع البروفيسور روبرت هيرمان **Robert Herman** بجامعة تكساس قاعدة نموذج لسانلن، ونموذج شبكة مرورية فى المدينة، باستخدامه نظرية التكتيف التى تحمل اسم بوز- أينشتاين **Bose - Einstein** فى هندسة المرور.

- وفى سنواته - المتأخرة تركزت أعماله فى قاعدة تحديد النظم غير الخطية على المستوى التقليدى ومستوى الكم. واقترح استخدامًا صارمًا لفضاء هيلبرت **Hilbert space** فى ميكانيكا الكم كطريقة وحيدة ممكنة لتحقيق غير المعكوسية فى النظم الكمية.

- من بين كتبه «النظام من بين الفوضى أو العشوائية»، مشاركة مع إيزابيلا ستينجرز عام ١٩٨٤، ويحمل الكتاب عنوانًا فرعيًا يقول: ديالوج جديد بين الإنسان والطبيعة، كما شاركها أيضًا فى كتابين آخرين «نهاية اليقين» و «الحلف الجديد»، وفى عام ١٩٧٧ ألف كتابًا بعنوان «التنظيم الذاتى فى

النظم غير المتوازنة»، وفي ١٩٦١ كان قد كتب «الديناميكا الحرارية في العمليات غير المعكوسة» وفي عام ١٩٩٣ ألف كتابًا تحت عنوان: «الديناميكا المشوشة والانتقال عبر السوائل والبلازما».

- إيورث سذاثماری (١٩٥٩-٢٠٠٠): Eörs Szathmáry

- بيوكيميائي مجرى، ويشغل رئاسة قسم تصنيف النبات وعلم البيئة (العلاقات بين الكائنات الحية والبيئة التي تعيش فيها) بجامعة أوتوفوس لوراند Eötvös Loránd ببودابست.

- وهو المؤلف المشارك مع جون ماينارد سميث لكتاب «النقلات التطورية الكبرى» "The Major Transitions in Evolution".

- إيوجين فيجنر (١٩٠٢-١٩٩٥): Eugene Wigner

- فيزيائي ورياضي مجرى المولد أمريكي الجنسية، حا. على جائزة نوبل عام ١٩٦٣، مشاركة مع آخرين «لمساهمته في نظرية النوى الذرية والجسيمات الأولية، خاصة عبر اكتشافه تطبيقات مبادئ التماثل الأساسية»، وكذا تشكيله قانون حفظ التكافؤ، هذا ويلقبه بعض معاصريه بـ «العبقري الصامت» والبعض اعتبره يضاهي ألبرت أينشتاين، وإن كان بغير الشهرة التي حازها الأخير.

- في عشرينيات القرن الماضي، بدأ يتعمق في ميكانيكا الكم، ووضع أسس نظرية التماثل symmetries في ميكانيكا الكم، وفي عام ١٩٢٧ قدم ما أصبح يعرف بـ Wigner D-Matrix، ومن المأمون القول بأنه وهيرمان فييل Hermann Weyl يعتبران المسئولين الروحيين عن تقديم نظرية المجموعات في ميكانيكا الكم.

- كان معاصرًا لمجموعة من الفطاحل مثل ماكس بلانك، وماكس فون لوى، ورودف لاندنبرج، وولفجانج باولى وثيرنر هايزنبرج، ويأتى على رأسهم جميعًا أينشتاين نفسه، ولا شك أنهم أضافوا إلى بصيرته وضاعفوا استنارته.

- من بين ما هو مشهور عنه أن ثمة متناقضة تعرف باسم «متناقضة الصديق لفيجنر» "Wigner's friend paradox" والتي عادة ما ينظر إليها كامتداد لتجربة قطّة شرودنجر فى مجال تجريب الفكر، والتي ألقى فيها فيجنر السؤال: فى أى مرحلة يمكن أن نقوم بالقياسات؟، وقد صمم التجربة ليثبت كيف آمن بأن الوعى ضرورى لعمليات القياس القائمة على ميكانيكا الكم.

- طور مبادئ تطبيق ميكانيكا الكم وأبرز مفهوم التماثل فى الفضاء والزمن، التى تميز سلوك العناصر الأقل من ذرية، كما عمل على نظرية امتصاص النيوترون التى أثبتت جدواها فى بناء المفاعلات الذرية.

- من بين مؤلفاته «علاقات التشبث وعلاقتها بالسببية» ١٩٦٤ و«التماثلات والانعكاسات» ١٩٦٧.

- حصل على لقب مواطن أمريكا عام ١٩٣٧، وتقلد عدة مناصب جامعية تعليمية وبحثية، آخرها وحتى تقاعده، كأستاذ للفيزياء الرياضية بجامعة برينستون منذ عام ١٩٣٨ حتى ١٩٧١. وبعدها تحول إلى الفلسفة، ومال لأحد المعتقدات الهندية.

- يَزُ الدرين Buzz Aldrin:

- طيار أمريكى مقاتل برتبة مقدم، ومتقاعد حاليًا، كان من بين مجموعات هيئة ناسا المختارة لمهام فضائية، حيث شارك فى أبوللو ١١ وجيمينى ١٢، وقضى خلالهما فى الفضاء ١٢ يومًا وساعة، و ٥٢ دقيقة.

- تدرج فى مناصبه القتالية فى عدة مجالات أبرزها المدفعية الجوية، كما شارك كطيار مقاتل فى الحرب الكورية، ثم حصل على دكتوراه العلوم من معهد ماساشوسيتس **Massachusetts** للتقنية عن رسالة بعنوان «تقنية توجيه خط الرؤية فى الرحلات البشرية المدارية» **Lin-of-sight** » **guidance techniques for manned orbital rendezvous**.

- ومما يشار إليه أنه من أتباع الكنيسة المشيخية البروتستانتية، ويعرف بتعليقاته الدينية التى أطلقها من فوق سطح القمر.

- بعد استقالته من طيران الفضاء عاد لموقعه بالقوات الجوية، إلا أنه اصطدم بعدة مشاكل شخصية، وتُظهر سيرة حياته معاناته من الاكتئاب والإيمان الكحولى، إلى أن تزوج فأنصلحت أموره وأصبح شغوفاً بالكشوف الفضائية، حتى إنه ابتكر لعبة فضائية كمبيوترية حملت اسمه، كما لعب دوراً تمثيلاً فى الفيلم التلفزيونى «أبوللو ١١»، فضلاً عن عدة أعمال فنية أخرى، وثمة فوهة صغيرة بالقرب من مهبط أبوللو ١١ على سطح القمر تحمل اسمه كنوع من التشريف.

- براندون كارتر (١٩٤٢-٢٠٠٠) **Brandon Carter**:

- فيزيائى نظرى أسترالى، يُعرف بأعماله المتعلقة بخواص الثقوب السوداء، ولكونه أول من وظف المبدأ الأنثروبولوجى بشكله المعاصر، والأرض فى بواكيرها، والنظرية النسبية العامة، ويقوم حالياً بتدريس الرياضيات والعلوم الفلكية بجامعة الملكة ماري بلندن (QMUL).

- شارك بمساهمات مهمة للعصر الذهبي للنسبية العلمية. وعثر على الحل الصحيح للمعادلة الجيوديسية **geodesic equation**، وكذا الحل الصحيح للفرغ الكهربى **Electrovacuum** المسمى باسم **Kerr/Newman** وأقصى تمديد أو توسع لتحليل هذا الحل، وخلال ذلك اكتشف الثابت الرابع للحركة، والكمية الممتدة المسماة **Killing-Yano**.

- وبالمشاركة مع ستيفن هوكنج وفيرنر إسرائيل Verner Israel أثبتت النظرية الخاصة بـ No-hair في النسبية العامة، موضحًا أن كل محطات أو مواضع الثقوب السوداء غير المتماثلة تتسم كليا بالكتلة والشحنة والقوة الدافعة الزاوية.

- وحديثًا (٢٠٠٥) وبالمشاركة مع شاشو Chachoua وشاميل chamel شكلوا معًا نظرية عن الانهيار المرن elastic في النجوم النيوترونية.

- كان من بين الحاصلين على منحة من مؤسسة جون تمبلتون من أجل مشروع حمل اسم «الفيزياء الأساسية ومشكلة الوجود»، وأصبح ناشرًا لكتاب يقوم على سلسلة مؤتمرات مولتها المؤسسة المشار إليها بعنوان: «كون واحد أم أكوان متعددة؟».

- بروميثيوس Prometheus:

- وتعنى فى اللغة الإغريقية القديمة حرفيًا: المتروى أو الناظر للعواقب، وهو اسم واحد من التيتانيين titan من عباقرة المكر (ظهرت القصة الأسطورية فى عصر الشاعر هيزيود Hesiod)، والذى تمكن من سرقة النار من كبير الآلهة زيوس Zeus وإعطائها للبشر الفانين لاستخدامها فى حياتهم، وقد تعاملت مصادر كثيرة مع الأسطورة، إما لمدح بروميثيوس أو لومه على دوره المحورى فى تاريخ البشر المبكر.

- وتستطرد الأسطورة فى تفاصيل كثيرة تنتهى بغضب زيوس الحاكم العادل للعالم وبقضائه على بروميثيوس، بأن يربط بسلسلة مع حجر ضخم يرفعه معه إلى قمة جبل فيتخرج الحجر به إلى السفح فيعود فيرفعه إلى القمة، ولكنه يتخرج ثانية وينكرر الأمر إلى الأبد.

- وترمز الأسطورة - فى استخدامها الحالى - إلى الأعمال المتكررة التى لا نهاية لها ولا فائدة ترجى منها، أو الأعمال المملة المضجرة ونحوها.
- **برسيڤال لورنس لويل (1855-1916): Percival Lowrence Lowell**
- رجل أعمال أمريكى ومؤلف ورياضى وفلكى، حيث دعم فكرة وجود قنوات على سطح المريخ، وهو أيضًا منشئ مرصد لويل بأريزونا، وشكل بدوره الفلكى بداية للمجهودات التى أدت لاكتشاف كوكب بلوتو (كوكب أفلوطين، والذي يعد أبعد الكواكب السيارة عن الشمس) بعد ١٤ عامًا من مماته وهو الكوكب الذى حمل جزئيًا نوعًا من التشريف له باستخدام الحروف الأولى من اسمه "PL".
- كان شقيقًا لرئيس جامعة هارفارد (والتي تخرج هو فيها بدرجة التميز فى الرياضيات)، كما أن له شقيقة تعمل شاعرة تصويرية وناقدة وناشرة، كما أبتعث فى مهام قنصلية للولايات المتحدة فى كوريا، وقضى أوقاتًا عدة فى اليابان، مؤلفًا، يكتب عن ديانات وسلوكيات اليابانيين من حيث لغتهم وطقوسهم واقتصادياتهم وما إليه، ومن أبرز هذه الكتب وآخرها الذى حمل عنوان «روح الشرق الأقصى» عام ١٨٨٨.
- وبدءًا من شتاء عام ١٨٩٣ استخدم ثروته ونفوذه للتفرغ للعمل الفلكى بعد قراسته كتابًا شهيرًا عن كوكب المريخ، وكذا اهتمامه بفكرة العالم الإيطالى جيوفانى شيباباريللى عن اعتقاده بوجود قنوات على المريخ، وقد قضى فى العمل الفلكى الـ ٢٣ عامًا الأخيرة من عمره.
- انتقل إلى أريزونا، وبالذات لمنطقة تعلو على سطح البحر بأكثر من ٧٠٠٠ قدم، باعتبارها موقعًا متميزًا للملاحظة الفلكية، حيث قضى ١٥ عامًا فى الدراسة المكثفة والشاملة للمريخ، ومنتجًا لرسوم معقدة لسطحه كما فهمها هو، والتي ضمنها كتبه «المريخ وقنواته» عام ١٩٠٦

و«المريخ كمقر للحياة» عام ١٩٠٨، محرضًا بذلك على الفكرة المستمرة منذ وقت طويل من أن المريخ كان عليه ذات مرة نوع من الحياة الذكية.

- جاءت أكثر مساهماته في دراسة الكواكب في السنوات الثماني الأخيرة التي وهبها للبحث عما يعرف بالكوكب X، والذي كان المفترض أن يقع بعد الكوكب نبتون Neptune (إله البحر عند الإغريق، والذي يعد الثامن من حيث البعد عن الشمس) والسابق الإشارة إليه في فقرة سابقة.

- تشارلز دارون (١٨٠٩-١٨٨٢) :Chareles Robert Darwin

- عالم إنجليزي طبيعى أدى مفهومه عن التطور من خلال الانتخاب الطبيعى البيولوجى إلى نوع من الثورة العلمية، حيث أعلن أن الصراع من أجل البقاء موجود فى كل مكان، والأنواع المفضلة هى التى تبقى، بينما تنقرض الأنواع غير المفضلة، وأن ذلك هو آلية الطبيعة فى ظهور أجيال جديدة (فالحويان صاحب القرن الأطول أو الريش الأملع لديه فرصة أقوى للبقاء عن تلك الأقل تنافسية)، وهى الفكرة التى قوبلت بالرضا النسبى، وأفادت علوم التشريح والأجنة والأحاثية (شكل الحياة فى العصور الجيولوجية كما تتمثل فى المتحجرات وغيرها). كما كانت له نظرية حول التشكلات العظمية على الحيدود البحرية.

- استغرق عمله حول «أصل الأنواع» ٢٠ عامًا، وهو ما ظهر فى مؤلفه الرئيسى بنفس العنوان عام ١٨٥٩، والذي أعيد طبعه ست طبعات حتى عام ١٨٧٢ بما يفيد القبول الواسع له فيما عدا اعتراض بعض الثيولوجيين لما تضمنه من اختلاف عن التأويل الوارد فى الكتاب المقدس، وخلو نظريته تمامًا من عملية الخلق، واعتبار الحياة تنصرف كما فى الفيزياء. (الكتاب له ترجمتان - فى حدود معلوماتى - عربية ومصرية كما يلزم للتويه إلى كتاب اشتمل على كل ما لحق بالنظرية من إصلاحات وتطورات وكل ما وُجه إليها من انتقادات وذلك ضمن سلسلة القراءة للجميع).

- له أيضًا عدة مؤلفات تجرى على نفس منوال الكتاب الأصلي وغيرها، تضمنت ظواهر أخرى كالتصنيف العلمى للنباتات والحيوانات إلى طوائف ورتب وأجناس وأنواع.

- تشارلز لايل (١٧٩٧-١٨٧٥): Charles Lyell:

- محام إسكتلندى وجيولوجى ومشايخ لنظرية التشكل الأحادى أو الاتساقى uniformitarianism (مصطلح يتعلّق بالجيولوجيا «علم طبقات الأرض»، ويعنى أن الأرض يطرد تطورها تدريجيًا عبر آماة طويلة بالضبط كما يحدث لها الآن).

- بعد تخرجه كمحام فى أكسفورد وعمله لفترة، اتجهت مشاعره لامتهان الجيولوجيا بجديه، دارسًا لها فى البداية تحت مظلة العالم الطبيعى ويليام لوكلاند، وهى الفترة التى بشرت بمستقبل طويل فى هذا المجال، وأثمرت قبولًا واسعًا لأفكاره التى قامت بشكل أساسى على «التشكل الأحادى» الذى كان قد اقترحه قبله بعة عقود قليلة جيمس هوتون James Hutton.

- ألف كتابين عن رحلاته الجيولوجية أحدهما بعنوان: «رحلات لشمال أمريكا وكندا» عام ١٨٤٥ والآخر «زيارة ثانية للولايات المتحدة» عام ١٨٤٩، وكان من أول المتبرعين لإعادة قيام مكتبة شيكاغو العامة بعد حريق شيكاغو الكبير، والذى ضاعت فيه مكتبتها العامة.

- ثمة إحدى الفوهات على المريخ سميت باسمه تشريفًا له، وأيضًا جبل فى غرب تسمانيا يحمل اسمه، بالإضافة لمنطقة مناخ مريحة بأستراليا.

- من الجدير بالذكر أن أشهر كتبه هو أول كتاب قام بتأليفه بعنوان: «مبادئ الجيولوجيا» Principles of Geology والذى نشره ما بين عامى ١٨٣٠ و١٨٣٣ فى ثلاثة مجلدات، والذى أبرز مكانته الفعلية كمنظر جيولوجى مهم والذى أعاد من خلاله تقديم نظرية «التشكل الأحادى أو

الاتساقى»، وكانت الفكرة المركزية فى الكتاب كله أن «الحاضر هو مفتاح الماضى» لأن بقايا الظواهر الجيولوجية من الماضى البعيد يمكن ويجب أن تفسر من خلال الرجوع إلى العمليات الجيولوجية التى تجرى الآن.

- وقد وافته المنية وهو فى مرحلة مراجعة الطبعة الثانية عشرة لهذا الكتاب، والذي كانت كل طبعة منه فرصة لمؤلفه لوضع لمسات جديدة مما يعثر عليه ويكتشفه من مواد جديدة وبعض الأدلة، مما أضاف لقيمة الكتاب ووسع من انتشاره سواء بين العامة أو فى الأوساط العلمية.

- توماس روبرت سيش **Thomas Robert Cech**:

- مولود فى شيكاغو عام ١٩٤٧.

- عالم أمريكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء هو وآخر عام ١٩٨٩، وحاصل على الدكتوراه من جامعة كاليفورنيا عام ١٩٧٥ وكانت أول وظيفة جامعية له فى جامعة كلورادو، حيث قام بتدريس الكيمياء والبيوكيمياء، وفى عام ٢٠٠٠ رأس معهد هوارد هوجز الطبى فى ميريلاند، كما انضم عام ٢٠٠٦ لجامعة هارفارد.

- كما انتخب عام ١٩٨٧ للأكاديمية الأمريكية الوطنية للعلوم، وفى العام الذى يليه تم انتخابه للأكاديمية الأمريكية للعلوم والفنون.

- حصل على عديد من الجوائز الأمريكية والهولندية فى مجال تخصصه.

- توماس جولد (١٩٢٠-٢٠٠٤) **Thomas Gold**:

- عالم نمساوى تخصص فى الفيزياء الفلكية، وأستاذ للفلك بجامعة كورنيل، وعضو الأكاديمية الأمريكية للعلوم، كما كان من بين ثلاثة من علماء كامبريدج الشبان الذين فى خمسينيات القرن الماضى اقترحوا نظرية «الكون الثابت» وهى الفرضية التى تم هجرها حاليًا، وتطور أعماله فى

حدود الفيزياء العضوية والفيزياء الفلكية، وهندسة الفضاء، والفيزياء الأرضية.

- ظل ساكنًا طوال الحرب العالمية الثانية وهي الفترة التي تعرف فيها إلى هيرمان بوندى، وبمجرد تحرره من صفة العدو الأجنبي عمل معه ومع فريد هويل للذين معًا تمكنوا من هدم دوجما الأعمال القديمة عن طبيعة الكون من خلال نظرياتهم المتحررة، وفي عام ١٩٥٩ وأنته فرصة إقامة وحدة نظامية لدراسة فيزياء الإشعاعات وأبحاث الفضاء بجامعة كورنيل، والتي رأس فيها الإدارة الفلكية وهي الجامعة التي ظل بها حتى منيته.

- كان هو الذى صك تعبير «مجال جاذبية الأرض»، كما اقترح مع بوندى نظرية الكون الثابت، واستطاع مع هويل أن يعرفا النجوم النوابض أو النابضة على أنها أجسام تتعاقب بسرعة مع النجوم النيوترونية من خلال حقول، ويعد ذلك تفسيرًا صحيحًا.

- قدم وأشاع فكرة أن طبقة ثقيلة من الغبار لا بد أنها تغطي أجزاء كثيرة من سطح القمر وهي الفكرة التي دعمت التصميم الصحيح لهبوط مسابر القمر فى الرحلات الفضائية القمرية، إلا أن تحذيراته كانت زائدة على الحد لتقديره المغالى فيه عن أن التمدد الدورى الحرارى وتفاعلاته لا بد أنها تدمر وتسحق صخور السطح القمرى، ومع ذلك كانت بصيرته قوية فى اقتراحاته العامة عن الكتلة المعدنية المتكونة تحت الخبث القمرى.

- توماس هـ. جوكز (١٩٠٦-١٩٩٩): Thomas H. Jukes

- بيولوجى إنجليزى - أمريكى معروف فى مجالات التغذية، وتطور الجزيئات، وانخراطه فى الموضوعات العلمية المثيرة للجدل مثل ما تتعلق بالـ: ددت DDT، وفيتامين C وخلق العالم creationism.

- شارك فى كتابة المقال المعنون: «التطور اللا داروينى» والذى نشر عام ١٩٦٩ فى مجلة «العلوم» وهى الفكرة التى صارت أصلاً لظهور (هى وغيرها بالطبع) النظرية المحايدة للتطور الجزيئى.
- ساعد فى تحديد العلاقات بين عناصر فيتامين B. Complex من خلال تجارب على الدجاج، ثم بعد ذلك فى اكتشاف أن حامض الفوليك هو فيتامين، وكذا أن تغذية الدواجن والدواب بجرعات مستمرة من المضادات الحيوية يَحَثّ عملية نموهم، وهو الأمر الذى أصبح معروفاً جيداً فى صناعة اللحوم.
- اقترح عام ١٩٦٩ مع زميله جاك كينج أن تطور البروتين قد تحدد من خلال دورة جينية فى التغير الإحيائى، والذى لم يكن مفيداً ولا ضاراً.
- انخرط بشدة خلال ستينيات القرن الماضى فى جدليات علمية شديدة.
- وبين عامى ١٩٧٥ و ١٩٨٠ كان من بين قلة من العلماء لها عمود دائم فى مجلة «الطبيعة»، والذى خصصه لشجب ما سمّاه العلم الزائف أو الكاذب والذى عبّر عنه بأن لديه شكوكاً قوية فى أن الكلمة المطلقة أو غير المقيدة لمفهوم «حقيقة» أو معنى «حقيقى» غالباً ما يساء استعمالها عبر المبالغة والتضخيم.
- كان ناقداً بارزاً للدعوى القائلة بفوائد الجرعات الكبيرة من فيتامين C كما تكرر نقده لدعوى غذائية أخرى ومعالجات تقوم على نوع العلاج المثلّى (إعطاء مريض جرعات معينة لو أعطيت لشخص سليم لعانى من نفس أعراض المرض المُعالج)، وكذا بعض أدوية مرض السرطان.
- لقى حتفه بعد معاناة لذات الرئة.

- تيتوس لوكرتيوس كاروس :Titus Lucretius Carus
- (من ٩٩ قبل الميلاد إلى ٥٥ قبل الميلاد) وإن كان هناك جدل كبير ونضارب حول صحة ودقة التاريخين، مولذا ووفاة.
- شاعر روماني معروف فقط بعمله الملحمي الشعري الفلسفي بعنوان: «حول طبيعة الأشياء» Epicureanism De Rerum Natura أو "On the Nature of Things".
- أصيب بالجنون بعد جرعة دواء للحب، وفي أوقات إفاقتة كتب بعض الكتب (والتي لم يُعثر على آثارها إلا عبر إشارات مؤلفين آخرين كما قصيدته - المشار إليها) وبعدها وعند بلوغه سن الـ ٤٤ انتحر، منهياً بذلك حياته القصيرة.
- جاك مونود (١٩١٠-١٩٧٦) :Jacques (Lucien) Monod
- بيوكيميائي فرنسي، عمل كثيراً في شرح الطريقة التي تنظم بها الجينات عملية الأيض (التمثيل الغذائي) بتوجيه التخليق الحيوي للإنزيمات وحصل مع فرنسوا جاكوب وأندريه لوف عام ١٩٦٥ على جائزة نوبل في الفسيولوجي.
- تلخص اقتراح ثلاثتهم، والذي كان وراء الجائزة، في وجود شريط الرنا الذي تقام الدنيا على قاعدته، والذي يحمل المعلومات المشفرة فوق القاعدة المركبة من الإنزيم البروتيني (المادة الحافزة البيولوجية).
- شرح وجهة نظره في كتابه «المصادفة والضرورة» (عبارة عن مقالات مطولة) والقائلة بأن أصل الحياة وعمليات التطور كليهما وليد المصادفة.

- جان أورت (١٩٠٠-١٩٩٢) Jan Hendrik Oort:

- فلكى هولندى له شهرة عالمية يعرف بتنبئيه للأشعة الكونية، كما تحمل سحابة «أورت» اسمه، تشریفاً له.
- حصل على الدكتوراه عن أطروحته المعنونة: «النجوم التى تصل سرعتها لسرعة الضوء»، وفى عام ١٩٢٧ أنشأ نظرية تقول بأن المجرة اللبنية تدور حول محور، وذلك من خلال تحليله حركة النجوم.
- كان مسحوراً بالأشعة الكونية، وبعد الحرب العالمية الثانية أصبح رائداً فى مجال جديد سمي بالفلك الإشعاعى **radio astronomy**، وكان يعتمد فى عمله على رادار قديم استعاره من ألمانيا، وفى ١٩٥٠ نجح فى جمع أموال لنيلسكوب أكبر للبحث عن مركز المجرة اللبنية، وبعدها فى العام ١٩٧٠ تم بناء واحد أكبر منه يشتمل على اثنى عشر تليسكوباً صغيراً بالقرب من التلسكوب القديم وهو ما كان قد إقترحه من قبل، ولكن تمت تجربته لأول مرة بمعرفة آخرين فى كامبريدج.
- دعواه بأن المذنبات لها أصل واحد والتى أطلقها عام ١٩٥٠، والذي حدده بالسحابة التى تحمل اسمه، تمت البرهنة فيما بعد على صحتها، كما ذكر أن الضوء الصادر عن سديمية السرطان **Crab nebula** هو مجرد ضوء مستقطب من مصادر أخرى كانبعاثات، والموصوفة بالسنكروتونية.
- من مكتشفاته أيضاً الهالة المحيطة بالمجرة، والتى تدور معها ولكن خارجها، وفى عام ١٩٢٧ حسب أن مركز المجرة يبعد عن الأرض بمقدار ٥,٩٠٠ فرسخ نجمى (١٩,٢٠٠ سنة ضوئية) فى اتجاه التجمع النجمى المعروف باسم **Sagittarius**، كما اقترح بأن حجم المجرة ككل يعادل مائة بليون من حجم الشمس.

- جاك كورليس Jack Corliss:

- وهو عالم يعمل في مجالات الجيولوجيا وظواهر المحيطات وميدان أصل الحياة، حيث حصل على إجازة الدكتوراه من معهد الأوقيانوسات في ستينيات القرن الماضي، والتي من بين أجزائها دراسة عن تحليل عينات من الصخور البازلتية من الحافة الوسطى للأطلنطي Mid-Atlantic Ridge، والتي أبرزت أدلة على دوران مائي يشير إلى وجود ينابيع حارة تحت الماء عرفت بالفوهات أو الفوهات المتطرفة الحرارة.

- وبعدها بسنوات قليلة ذهب هو وريتشارد فون هيرزن وروبرت بالارد في مركبة تعمل تحت الماء بقيادة جاك كونللي، حيث تأكدوا من هذه الفوهات لأول مرة ومن المجتمع الحيوى الذى يعيش فى ظل هذه الحرارة كالديدان الأنبوبية العملاقة وأسماك من نوع «البطليموس» (حيوان من الرخويات)، وبعض نوعيات الجمبرى وغيرها، وكان ذلك عام ١٩٩٧.

- وترك هذا الكشف أثرًا على تحويل دفة أبحاثه من المجال الجيولوجى الكيميائى إلى محاولة العثور على «أصل الحياة»، مفترضًا أنها بدأت فى تلك الفوهات بأعماق البحر، ونشر مع جون بارو وسارة هوفمان، بحثًا بهذا المعنى، وفى عام ١٩٨٨ انضم لمركز حوسبى متقدم فى وكالة ناسا لمتابعة نظم ثورية جديدة، خاصة بما يعرف بالنماذج الخلوية الأوتوماتيكية (المخلقة كمبيوتريا).

- جاك فارمر Jack Farmer:

- جيولوجى أمريكى حاصل على الدكتوراه فى هذا المجال، وبعدها أصبح محاضرًا فى العلم المتحفى، وباحثًا فى مجال جيولوجيا البترول وعلوم الفضاء فى أو كلا UCLA.

- انضم لوكالة ناسا كباحث عام ١٩٩١ فى قسم الجيولوجيا الخارجية، ثم فى

عام ١٩٩٨ قبل منصباً جامعياً بجامعة ولاية أريزونا وفورها شارك فى تمويل برنامج ناسا للبيولوجيا الفلكية.

- تتركز اهتماماته فى التطور الباكر للمجال الحيوى والميكروبية وعلوم الثقاله أو الرسابة العضوية **biosedimentology** فى الينابيع الحرارية وغيرها من البيئات المتطرفة، وكذا فى الاستراتيجيات المتعلقة باكتشاف المريخ والأجسام الأخرى فى النظام الشمسى قديماً وحديثاً.

- ولكل هذا، أصبح من المبرزين فى مجال البيولوجيا الفلكية حتى إنه يعد من الذين تقبل شهادتهم واستشاراتهم لدى الكونجرس ووكالة ناسا، فيما يتعلق بالرحلات الاستكشافية ونتائجها وكل ما يتعلق بالمجال، كما أنه عضو بارز لكل المؤسسات الاتحادية الأمريكية الخاصة بهذه الأمور، وأيضاً له عضوية بالجمعية الأمريكية الهندية للعلوم والهندسة.

- ج.ب.س. هالدين (١٨٩٢-١٩٦٤) J.B.S. Haldane :

- واسمه بالكامل جون بوردن ساندرسون هالدين " **John Burdon Sanderson Haldane**" وكان ينادى باسم جاك **Jack** ولكنه استخدم الحروف الأولى من اسمه فى أعماله المنشورة.

- عالم وراثة بريطانى وبيولوجى تطورى وكان مؤسساً مع رونالد فيشر وصامويل رايت علم الوراثة العام، كما اشترك مع القوات الفرنسية فى الحرب العالمية الأولى من ١٩١٥ إلى ١٩١٩.

- وبعد الحرب من ١٩١٩ إلى ١٩٢٧، قضاه فى أكسفورد عاملاً على الإنزيمات وعلم الوراثة، وكتب عدة مقالات علمية تم تجميعها فى مجلد بعنوان: «العوالم الممكنة»، ثم انتقل إلى جامعة لندن، حيث قضى معظم حياته العلمية، وفى عام ١٩٢٣ تنبأ بما يعرف بـ «باستنزاف النجم»، وكانت هذه بادرة أولى لاستخدام شبكة من المحولات الهيدروجينية كمصدر للطاقة المتجددة فى عالم الاقتصاد.

- فى ١٩٢٥، ومشاركاً مع جى إى بريجز G.E. Briggs استخلصاً أولاً لقانون تأثير القوة فى حركة الإنزيمات الذى وصفه فيكتور هنرى فى ١٩٠٣، ومخالفًا لمعادلة ميشيل - مينتين اللذين كانا قد افترضا أن الإنزيم (كمحفز أو مثير) والمادة المتخمرة (كمفاعل) هما فى حالة توازن مع تعقيدهما حيث يتفككان لإحداث منتج هو الإنزيم الحر، ولكن استخلاص بريجز - هالدين، وإن كان فى ذات الشكل الجبرى (نسبة لعلم الجبر)، إلا أنه اعتمد على حالة الثبات وعلى هذا اختلافًا عن سابقيهما، وتقوم معظم النماذج البحثية على هذا المنحى الأخير.

- كما يعتبر هالدين ثالث ثلاثة من حيث الأهمية فى علم الوراثة العامة بعد فيشر وصامويل رايت، ومساهمته فى ذلك تركزت فى سلسلة أبحاث عن النظرية الرياضية فى الاختيار الطبيعى والاصطناعى، وأعتبرت أهم ما ورد فى هذه النظرية، والتى عالج فيها لأول مرة حالات بالغة الأهمية، مبرزًا اتجاهات ومستويات التغير وتواتره فى الجينات، كما بحث فيها - وبشكل اعتبر من قبيل الريادة - تفاعلات الاختيار الطبيعى فى عمليات التحول الإحيائى وفى حالات النزوح.

- وفى كتابه المعنون: «أسباب التطور» (عام ١٩٣٢) لخص ما أصبح يعرف بـ: «التطور التركيبى الحديث»، ومدعمًا فكرة أن الاختيار الطبيعى هو الآلية الأولى للتطور وذلك من خلال مصطلحات رياضية لعلم الوراثة، كما وضعه «مندل».

- وبالإضافة لمساهماته فى علوم الوراثة والأحياء فقد جاءت مقالاته بعنوان: «أن تصبح بالحجم الصحيح» لتكرس ما اعتبره البعض مبدأ هالدين والمتمثل فى أن حجم جسم الكائن الحى هو الذى يحدد ماهى أنوات الجسم التى يحتاجها الكائن.

- كان تجريبيًا هائلًا حتى إنه كان يتعرض للمخاطر الحقيقية للحصول على المعلومات، وكذا كان من بين أشهر من بستوا العلم للجمهور، وفي النهاية فقد أوصى قبل موته بالتبرع بجسده بالكامل للأبحاث العلمية.
- جراهام كيرنز - سميث (١٩٣١-٢٠٠٠) :Graham Carins-Smith
- كيميائي عضوى وبيولوجي جزيئات بجامعة جلاسجو Glasgow بأسكتلندا و تتركز شهرته فى كتابه الذى أثار جدلاً واسعاً عند نشره عام ١٩٨٥ بعنوان «سبعة مفاتيح لأصل الحياة» *Seven Clues to the Origin of Life*، والذى أوضح فيه نظرية، كان قد عكف على تطويرها منذ أواسط ستينيات القرن الماضى، مؤداها أن خطوة وسيطة بين حالة المادة الساكنة المعلقة والحياة العضوية، ربما تمثل التنظيم الذاتى للبلورات الوحل خلال انحلالها.
- كما نشر عام ١٩٩٦ كتابًا بعنوان: «نشوء أو انبعاث العقل» *Evolving the Mind*، ويدور حول نشوء الوعي، مشيرًا إلى تفضيله ميكانيكا الكم فى التفكير البشرى، وهو الكتاب الذى نال كثيرًا من الاحترام، ولكنه كان محل مجادلة من قبل الفيلسوف دانييل دينيت *Daniel Dennett*.
- وبالنسبة لنظريته فى «الوحل»، فيمكن تلخيصها فى الآتى: يتكون الوحل من انحلال السيليكات، الذى يتقطع، فينمو الوحل أكثر، وتتشكل كتل كبيرة من البلورات لها مظهر خارجى معين، ربما تحدث تأثيرًا فى البيئة الذى بدوره يؤثر على فرصتها فى التكاثر، وعلى سبيل المثال، فإن الوحل الأكثر غلظة ينشئ بيئة محفزة لمزيد من الرسوبية عن طريق تكوين ما يمكن تسميته مرتبة «الغرين». ومن المفهوم أن مثل هذه التأثيرات يمكن أن تمتد لتتشئ مسطحات معرضة للهواء لتجف وتتحول إلى غبار (تراب)، الذى يسقط فى حال من العشوائية فى مجريات أخرى. وهكذا من

خلال عمليات فيزيائية غير عضوية، ربما توجد بيئة انتقائية لإعادة إنتاج وتكاثر بللورات الوحل في أشكال أكثر غلظة. وبعد ذلك تجيء عملية الاختيار الطبيعي لبللورات الوحل التي تقبض على أشكال من الجزيئات على سطوحها (وهي التي تهبط لمزيد من تكاثرها الكامن فيها بالقوة) ويمكن هنا لجزيئات سابقة زمنياً على الجزيئات العضوية أن تُستحث من خواص سطوح السليكات، والخطوة الأخيرة تتمثل في أنه بعد ذلك الوضع البدائي المعقد تأخذ الجزيئات على عاتقها نقلة وراثية عبر «عربة» الوحل تلك لتصبح موضعاً مستقلاً للتكاثر، وهي بالطبع لحظة تطورية، ربما يمكن فهمها على أنها مرحلة أولى من التهويم أو اللا استقرار.

- ورغم تكرار حدوث هذا كنموذج على نوع العملية التي ربما تكون قد وقعت في المرحلة السابقة على الدنا، فإن نظرية التولد التلقائي عبر الوحل أو قل «الطمي» لم تحظ بقبول واسع.

- جريجوري شيتان (١٩٤٧-٢٠٠٠): Gregory Chaitin:

- رياضى أرجنتينى ومتخصص فى علوم الكمبيوتر، ساهم فى نظرية معلومات العد العربى أو العشرى، خاصة النظرية الجديدة لـ لا اكتمال الشبيهة بجدول أو قائمة فى اللا اكتمالية، وأكمل نظريته وهو لم يبلغ بعد العشرين من عمره، وعرف ما يسمى «ثابت شيتان Ω » وهو رقم حقيقى تتوزع مفرداته بشكل متساو، والذى يوصف رسمياً بأنه يعطى تفسيراً لاحتمالية توقف برنامج عشوائى. وهذا الثابت يمثل خاصية معرفة ولكن غير قابلة للحوسبة. ويعتبر عمله المبكر فى نظرية المعلومات الحسابية متوازياً مع أعمال كلموجوروف.

- كتب شيتان أيضاً فى الفلسفة، خاصة فى الميتافيزيقا وفلسفة الرياضات وبشكل خاص، فيما يتعلق بالمسائل ذات الطبيعة المعرفية فى الرياضيات،

وادعى أن نظرية المعرفة الحسابية هي مفتاح حل المشاكل فى مجال البيولوجيا وعلم الأعصاب (مشكلة الوعي ودراسة العقل).

- وفى كتاباته المتأخرة دافع عن وضع يعرف بالفلسفة العددية العشرية، وفى نظرية المعرفة الحسابية ادعى أن ما عثر عليه فى المنطق الرياضى وفى «النظرية نفسها» هو حقائق رياضية حقيقية من دون سبب، أى حقيقة بالمصادفة، وبالتالي هى حقائق «رياضية عشوائية» - حسب ما كتب هو نفسه - مقترحاً أن على الرياضيين أن يهجروا أى أمل فى إثبات هذه الحقائق الرياضية، وفقط عليهم أن يتبأوا بها فيما يشبه المنهجية التجريبية.

- ويعتبر شيتان مؤصل استخدام الرسم البيانى الملون لتسجيل العمليات التركيبية وهو ما يعرف بحساب شيتان.

- من بين مؤلفاته: «نظرية المعلومات الحسابية» عام ١٩٨٧، و«المعلومات والعشوائية واللا اكتمالية» عام ١٩٨٧ أيضاً، و«المعلومات النظرية غير المكتملة» عام ١٩٩٢، وحدود الرياضيات» عام ١٩٩٨ و«غير المعروف» عام ١٩٩٩، و«استكشاف العشوائية» عام ٢٠٠١، و«حديث مع رياضى» عام ٢٠٠٢، و«من الفلسفة إلى حجم النموذج» عام ٢٠٠٣، و«ما وراء الرياضيات: بحث فى النهايات» عام ٢٠٠٥.

- جوستاف أرهينيوس Gustaf Arrhenius:

- حاصل على الدكتوراه من جامعة ستوكهولم عام ١٩٥٣، شارك فى رحلات الأبحاث لأعماق بحر السويد وغيرها من الرحلات البحثية، ويعمل من ثم، أستاذاً لعلوم المحيطات والأوقيانوسات oceanography وأستاذاً زائراً فى معهد كاليفورنيا للتقنية فى أعوام ١٩٥٦-٥٢ ومعهد الأرصاد الجوية meteorology بجامعة ستوكهولم عامى ٥٦، ١٩٥٧.

وبجامعة هارفارد الأمريكية عام ١٩٦٥، كما خدم مع فريق تخطيط الأبحاث القمرية بوكالة ناسا أعوام ٧٠-١٩٧٢، وكذا جماعة البحث الخاصة بالمذنبات والكويكبات والكشف عنها أعوام ٧٣-١٩٧٥.

- اهتمت أبحاثه بالترسبات المحيطية وكيمياء الكريستال من العناصر الطبيعية والتركيبية، والكيمياء الكونية والقبل بيولوجية، والترسبات الباكورة، التي تمثل سجلاً للحياة على الأرض وعلى المريخ.

- طبع أكثر من ١٥٠ بحثاً وكتاباً في تلك المجالات، كما تلقى العديد من الجوائز العلمية من الولايات المتحدة والسويد - كما انتخب عضواً في الجمعية الأمريكية للعلوم المتقدمة، وكذا الجمعية النعدنية، وأيضاً الجمعية الجيولوجية بالهند، وعضواً بالأكاديمية الدولية (تفورشيستافا Tvorchestava) والأكاديمية الملكية للعلوم بالسويد، والأكاديمية الملكية للآداب والعلوم بجوتنبرج.

- جورج جاموف (١٩٠٤-١٩٦٨) George Gamow:

- روسى المولد باسم جورجى أنتونوفيتش جاموف، وهو فيزيائى نظرى ومتخصص فى علوم الكونيات، والذي اكتشف تضاًؤل أشعة ألفا تدريجياً، عبر الأنفاق الكمومية، وعمل كثيراً على اضمحلال الإشباع فى الجزيئات الذرية، وتشكل النجوم والجزيئات البين نجمية، وتركيب الجزيئات فى الانفجار الكبير وتركيب الجزيئات الكونية بصفة عامة، وفى علوم الوراثة.

- بعد أن كان مستقراً فى بواكير القرن العشرين على أن ثمة سمات محددة لمستويات الاضمحلال وما يعرف بأنصاف الحياة، وكذا كان مستقراً على أن انبعاث الأشعة له طاقة معينة، استطاع جاموف أن يحل الأمر، مستخلصاً علاقة بين الجسيم ذى النصف حية والطاقة اللازمة للانبعاث.

- نشر هو وتلميذه بحثاً بعنوان: «أصل العناصر الكيميائية» "The Origin of Chemical Elements"، أوضحاً فيه أن مستويات الهيدروجين والهيليوم (والمعتقد أنهما يمثلان ٩٩٪ من كل المادة في الكون)، يمكن تفسيرهما جيداً بواسطة التفاعلات التي وقعت خلال الانفجار الكبير. وهو ما أمد نظرية الانفجار الكبير بدعم كبير، وإن لم تفسر ظهور عناصر أكثر ثقلًا من الهيليوم (وهو ما فسره فريد هويل فيما بعد).

- وفي البحث نفسه قدم تقريراً لقوة ما هو متخلف من الموجات الميكروية «microwave» في الخلفية الإشعاعية للكون (CMB)، حيث تنبأ بأنه بعد توهج وانقراض الانفجار الكبير ببلايين السنين، فقد تداعت للبرودة، مائة الكون بإشعاعات مقدارها خمس درجات فوق الصفر المطلق.

- وفي بحث آخر له بمجلة الطبيعة Nature الإنجليزية عام ١٩٨٤ طور فيه معادلات عن كتلة وإشعاعات مجرة بدائية، (والتي تحتوى على مائة بليون نجم تعادل حجم الواحد منها كتلة الشمس)، وهو ما لم يبذل الفلكيون والعلماء جهداً ملحوظاً في تعقب أشعة الخلفية الكونية، إما لنقص اهتمامهم بالأمر، أو لقلّة الرشد في ملاحظتها.

- من مؤلفاته «مولد وموت الشمس» عام ١٩٤٠، و «السيرة الذاتية للأرض» عام ١٩٤١، و «واحد، اثنين، ثلاثة... اللا نهائية» عام ١٩٤٧، و «القمر» عام ١٩٥٣، و «رياضيات المتاهة» عام ١٩٥٨، و «الجاذبية» عام ١٩٦٢، و «كوكب اسمه الأرض» عام ١٩٦٣، و «نجم اسمه الشمس» عام ١٩٦٤.

- جون ماينارد سميث (١٩٢٠-٢٠٠٤) John Maynard Smith:

- عالم ورائة إنجليزي وبيولوجي تطوري، رغم أنه أصلاً كان متخصصاً في هندسة الطيران، إبان الحرب العالمية الثانية، وبعدها درس علوم

الوراثة بإشراف هالدين، كما كان فاعلاً مهماً في تطبيق «نظرية الألعاب» في مجال التطور، ومنظراً أيضاً في موضوعات أخرى مثل تطور الجنس ونظرية الإشارات.

- نشر كتاباً بعنوان «تطور الجنس» السذى أوضح فيه، وبمصطلحات رياضية، فكرة التكلفة الثنائية لمنحيات الجنس "two-fold cost of sex".

- حصل على عديد من الجوائز العلمية، كما شرفوه بتخصيص جائزة علمية باسمه.

- من بين مؤلفاته: «أفكار رياضية فى البيولوجيا» عام ١٩٦٨، و«حول التطور» عام ١٩٧٢، و«نماذج من عالم البيئة» عام ١٩٧٤، و«تطور الجنس» عام ١٩٧٨، و«التطور الآن» عام ١٩٨١، و«التطور ونظرية الألعاب» عام ١٩٩٢، و«مشاكل البيولوجيا» عام ١٩٨٦، و«هل فعلها دارون بشكل صحيح؟: مقالات عن الألعاب، «الجنس والتطور» عام ١٩٨٨، و«الوراثة المتطورة» عام ١٩٨٩، و«الانتقالات الكبرى فى التطور» مشاركة مع آخرين عام ١٩٩٧، و«أصول الحياة: منذ ميلاد الحياة إلى أصل اللغة» مع آخر عام ١٩٩٩، ومع آخر أيضاً ألفاً كتاب «إشارات الحيوانات» عام ٢٠٠٣.

- **جول فيرن (١٨٢٨-١٩٠٥) Jules Gabriel Verne**

- روائى فرنسى تألفت شهرته بسبب روايات الخيال العلمى الباهرة التى أبدعها وطوّفت إلى آفاق عالمية، والذي كان من الرواد فيها مثل: «رحلة إلى مركز الأرض» و «٢٠ ألف فرسخ تحت الماء» و «حول العالم فى ٨٠ يوماً» والتى تحولت إلى أفلام سينمائية ذائعة الصيت، والتى حومت فى الفضاء وتحت الماء قبل ظهور الغواصات وسفن الفضاء، وهو بذلك يُعتبر ثالث من ترجمت أعمالهم إلى غير اللغة الأصلية فى العالم.

- بعد انتهاء دراسته في «الليسيه» بدأ الحياة العملية ببعض الأعمال اليدوية وكتابة مقدمات بعض الأوبريتات، كما أنتج عددًا من حكايات الرحلات والمغامرات المسرفة في تهورها، ولكن بمضمون يمكن أن يكون صحيحًا، وذلك لمسرح الأسرة بفرنسا، وعندما اكتشف والده أنه يعمل بالكتابة، عوضًا عن دراسة القانون قطع عنه النقود.

- تقابل فيرن مع ألكسندر ديماس الأب وفكتور هيجو، اللذين زوداه بنصائحهما في الأدب، وكانت أولى رواياته مع الناشر الفرنسي الشهير بيير هيتزل بعنوان: «خمسة أسابيع في بالون» وتوالت بعدها أعماله، والتي برزت بينها ما أشير إليه في المصدر من هذا التعريف.

- وفي أيامه الأخيرة كتب رواية بعنوان: «باريس في القرن العشرين» تخيل فيها شخصًا يعيش في أغلب ما نراه الآن من تقدم وثورة في الاتصالات والمعلوماتية، ولكنه يفشل في العثور على السعادة وينتهي به الحال إلى موقف مأساوي، ورأى الناشر أنها مفرطة التشاؤم واقترح تأجيل نشرها، فأودعها المؤلف في خزانة، ليكتشفها حفيده عام ١٩٨٩، وليتم نشرها عام ١٩٩٤ بعد وفاته بما يقرب من قرن من الزمان.

- جون س. رايت John C. Wright:

- مؤلف لروايات الخيال والخيال العلمي، وحاصل على جائزة نيبولا Nebula من أجل روايته المعنونة: «يتامى الهيولي» "Orphans of Chaos"، ثم بعدها أصدر رواية: «العصر الذهبي» "The Golden Age".

- جون باركز John H. Parkes:

- خبير مفرقات كان من المبرزين في تحقيق واقعة سقوط طائرة بان آم ١٠٣ فوق لوكيربي بإسكتلندا في ١٢/٢١/١٩٨٨.

- عارض وجهة النظر الرسمية في الحادث، بأنه نجم عن كمية صغيرة من المفرقات البلاستيكية تم وضعها مع الملابس في إحدى الحقائق المحفوظة بإحدى حاويات الأمتعة بالطائرة.

- عوضاً عن ذلك ارتأى أن النخائر غير المشروعة تلك والتي حُمِلت على الطائرة إما تم تفجيرها عمداً أو بالمصادفة عبر الترددات الإشعاعية وقد تمثل الادعاء بهذا المنظور أثناء المحاكمة الشهيرة التي أجريت عن الحادث.

- **جون جاكوب بيرزيليوس (1848-1779) Jöns Jakob Berzelius:**

- كيميائي سويدي، ابتدع تصنيفاً حديثاً للعناصر الكيميائية، والتي لم يزل معمول به حتى الآن، ولذا يعتبر مع كل من جون دالتون وأنطوان لافوازييه وروبرت بويل كأباء للكيمياء الحديثة.

- بعد قليل من تعيينه أستاذاً للكيمياء والصيدلة بمعهد كارولنسكا Karolinska عام 1807 أدار تجارب لدعم كتاب جامعي أصدره لطلبته، اكتشف فيه قانون التجزئ الدائم، والذي أظهر أن العناصر غير الحية تحتوي على عوامل مختلفة في حالة تجزئية كاملة من حيث الوزن، وتأسيساً على ذلك أنشأ قائمة من العناصر الكيميائية ضمت الأكسجين وجميع العناصر المعروفة آنذاك، وبأوزانها الذرية القائمة. وهي القائمة التي أضاعت، بل أضافت دليلاً جديداً لصالح النظرية الذرية.

- ولدعم تلك التجارب أبدع أسلوباً رمزياً للتعامل مع المصطلحات الكيميائية مثل O للأكسجين، و Fe للحديد... إلخ، مزوداً تلك الرموز بأوزانها الذرية، وهو ما ظل يعمل به حتى اليوم - ومن ناحية أخرى انتحل مصطلحات مثل «المحفز» catalysis و «البلمرة» Polymer و «التأصل» allotrope وغيرها، وإن كانت تختلف حالياً على نحو دراماتيكي عن مضامينها آنذاك.

- ومن مآثره أيضًا ما اتصل بالمجال البيولوجي بتمييزه بين المحتوى البيولوجي المتضمن للكربون وغيرها من محتوى العناصر غير الحية.
- **جون بويد دنلوب (1840-1921): John Boyd Dunlop:**
 - إسكتلندي ابتكر وأسس شركة إطارات المطاط والتي تحمل اسمه «إطارات دنلوب».
 - كان قد تلقى علومًا ليصبح طبيبًا بيطريًا، وهي المهنة التي مارسها بعد تخرجه في الجامعة لمدة عشر سنوات تقريبًا. انتقل بعدها إلى بلفاست في إيرلندا عام 1867.
 - وفي عام 1887 مارس عمليًا وضع إطار هوائي (أو قابل للنفخ) لدراجة ابنه، وحصل على براءة اختراع لها ولكنه أخطر رسميًا بأن الفكرة غير صالحة، باعتبار أن مبتكرًا آخر كان قد قدم الفكرة ذاتها في فرنسا عام 1846، وفي الولايات المتحدة أيضًا بعدها بعام. ولأنه حمل معه في مستقره الجديد خبرته البيطرية فقد تعيش منها.
 - واقع الأمر أن الإنتاج التجاري لشركته قبل العام 1890 كان وافرًا، ومع ذلك لم يحقق ثروة حقيقية أثناء حياته.
- **جون هورتون كونواي: John Horton Conway:**
 - (ولد في ديسمبر 1937-2020).
 - رياضى إنجليزى يعتبر من الناشطين في مجال المجموعات الرياضية النهائية ونظرية التعقيد الرياضى، ونظرية الأعداد، ونظرية الألعاب، ونظرية التشفير، وهو أيضًا من دعاة إعادة إبداع الرياضيات، ويعرف بابنكاره «لعبة الحياة»، (والمتصلة بالنسيج الخلوى الأوتوماتيكي: cellular automaton).

- من بين الرياضيين الهواة يُعرف على مدى واسع بمساهماته فى نظرية توحيد الألعاب، والتي طورها مع آخرين، وابتكر فكرة «التبرعم» أو النمو السريع، حيث طور تحاليل مطولة ومفصلة لكثير من الألعاب والمناهات.
- كما ابتكر نظامًا جديدًا للأعداد والأرقام المتسلسلة التي تتصل عن قرب، وأيضًا ابتكر مصطلحات ورموزًا جديدة للأرقام المفرطة أو الفائقة العدد والتصنيف.
- وكما كان أول من ألف «أطلس المجموعات المنتهية» *Atlas of Finite Groups*، كما أبدع وسيلة لحساب ما الذى يمثله تاريخ أى يوم من أيام الأسبوع، بحيث يمكن لأى مبتدئ فى الرياضة أن يجريها فى عقله من فرط بساطة هذه الوسيلة.
- ومع سيمون كوش (رياضى آخر بالجامعة نفسها، التى يعمل بها: «برينستون»)، أثبتا نظرية الإرادة الحرة *Free will theory*، وهى الرؤية المروعة فى المتغيرات غير المُخفأة لميكانيكا الكم، والتى يعبرُ هو عنها بـ: «إذا كانت لمن يقيمون التجارب إرادة حرة، فكذاك تكون مختلف العناصر» والتى تقرر أنه فى ظل ظروف معينة إذا كانت للقائم بالتجربة حرية اختيار الكميات التى سيقوم بقياسها فى تجربة معينة، فإنه من المحتم أن تكون العناصر المبدئية حرة فى اختيار حركتها المغزلية لتصبح متوافقة مع القانون الفيزيائى.
- وهو أيضًا المؤلف المشارك لمجموعة من الكتب بخلاف «أطلس المجموعات النهائية» هى: «الجبر العادى والماكينات النهائية» و«مجال الحزم أو الرزم» و«الشبكات والمجموعات» و«حول الأرقام والألعاب: المباريات» و«إحراز طرق لألعابك الرياضية» و«كتاب الأرقام» و«الرباعيات والثمانيات» و«كتاب الزاوية».

- جيمس هوتن (1797-1726) James Hutton:

- جيولوجى وطبيعى وكيميائى إسكتلندى، وله إسهامات فى التجريب الحقلى، كما يعتبر من آباء الجيولوجيا الحديثة.

- تعلم فى المدرسة العليا وتدرّب على ممارسة الطب والمحاماة فى آن معاً ولكنه انجذب لعلم الجيولوجيا الناشئ حديثاً، ورغم عمله الفعلى وهو فى سن الثلاثين والأربعين فى التجريب الحقلى، فقد لاحظ حوله كثيراً من التشكلات الصخرية ووضع ملاحظاته حول ما شاهده، وعندما درس بجامعة أدنبرة خلال فترة النضال من أجل التنوير النقى عدة عقول مستتيرة، مثل جوزيف بلاك وجون بلايغير، كما أصبح صديقاً دائماً للفيلسوف دافيد هيوم.

- وفى منطقة الجبال فى الأراضى العليا لإسكتلندا وجد هوتن الجرانيت، مخترقاً الصخور المتحولة والمتباعدة بحيث أصبحت قابلة للانفلاق بسهولة إلى طبقات، وبطريقة تدل على أن الجرانيت يتشكل عبر تجمد الصخور المنصهرة، وليس كما كان البعض يعتقد وقتئذ بأنه جاء نتيجة القوة البالغة للمياه المنحدرة، وبعدها عثر على نماذج مشابهة حتى إن أحدها أطلق عليه اسمه.

- فى عام 1787 لاحظ وعلق على ما يعرف الآن بـ «اللاتطابق» أو عدم الانسجام "Unconformity"، مرجعاً السبب فيه إلى أنه لا بد من حدوث عدة دورات زمنية احتفظ كل منها بطبقات فى قاع البحر ارتفعت من خلال عوامل التعرية والتآكل، ثم هبطت إلى تحت البحر مرة أخرى، وذلك عبر فترات زمنية طويلة، وكانت له فى ذلك عبارة طريفة محفورة فى ذاكرة المختصين تقول: إننا لم نعثر على قدر ضئيل أو ذرة من البدايات كما لم نعثر على أى مظل على النهاية. "We find no vestige of a beginning, no prospect of an end"

- له مؤلف بعنوان: «نظرية الأرض: بحث في القوانين الملحوظة عن تكون وانحلال وإعادة إحياء الأرض عالميًا»، كما نشر مجلدين عن نظريته تلك (مع إضافات قليلة ولكن مع العديد من الأبحاث المتنوعة كأصل الجرانيت مع نظريته للنظريات البديلة مثل نظريات توماس بورنت وجورج لويس وغيرهما، وأما المجلد الثالث (الذي اكتمل عام ١٧٩٤)، فقد حمل عنوان: «بحث في مبادئ المعرفة وتقدم السببية والعقل من مجرد الإحساس إلى حتى العلم والفلسفة» وهو العنوان الدال على محتوى المجلد (يحتوى على ٢١٣٨ صفحة).

- **جيوتو دي بوندون Giotto di Bondone**:

- ويعرف بشكل مبسط كـ: جيوتو، ويعتقد أنه عاش في الفترة من عام ١٢٦٧ إلى ١٣٣٧، بعد ميلاده بفلورنسا بإيطاليا وعمل كمهندس معماري ورسام، يعزى إليه أنه الأول في ربط الرسامين العظام الذين ساهموا في عصر النهضة الإيطالي، حتى إنه كتب عنه: «قيامه بالقطع الحاسم مع النموذج البيزنطي القديم، وإحياءه الرسم كفن، وكما نعرفه اليوم، منتجًا تقنية الرسم الدقيق من الحياة، والذي تم إغفاله على مدى قرنين من الزمان»، ومن بين أبرز أعماله قيامه بأداء الرسوم الداخلية للكنيسة المعروفة باسم "The Scrovegni Chapel" بمدينة بادوا Padua.

- **جيوفاني شياپاريللي (١٨٣٥-١٩١٠) Giovanni Schiaparelli**:

- فلكي إيطالي عمل لأكثر من أربعين عامًا في مرصد بريرا "Brera".

- عكف على ملاحظة الكواكب في النظام الشمسي، وبعد الملاحظة لكوكب المريخ راح يطلق الأسماء على البحور والقارات.

- وبدءًا من عام ١٨٧٧ اعتقد أنه لاحظ سمات مستقيمة في المريخ! سماها بالإيطالية canali بمعنى مجارى أنهار channels، ولكنها ترجمت على

سبيل الخطأ إلى canals بمعنى قنوات جرى شقها. وبعد عدة عقود من السنين تبين أن ما رآه كان مجرد وهم بصرى.

- يعتبر أول من أعلن عن الآثار النيزكية التى تحمل اسمى **Perseid**, **Leonid** لهما علاقة بالمذنبات.

- حصل على عدد من الجوائز العملية، كما تم تشريفه بإطلاق اسمه على إحدى الفوهات البركانية على سطح القمر، وفوهة أخرى على سطح المريخ، إضافة إلى تسمية الحجر النيزكى المصنف رقم ٤٠٦٢ باسمه.

- **دافيد ميدليفيلدت وشهرته كـ (David Mittlefehldt Duck):**

- من بين العلماء المشغولين بمركز جونسون الفضائى JSC بوكالة ناسا، ويقضى كل وقته فى دفع أبحاث عن تشكيلات الأحجار النيزكية، ومحاولة إثبات وجود علاقة منطقية بينها وبين المرحلة الباكرة، لتكون النظام الشمسى، ويتركز اهتمامه على الأكوندريت **achondrite** والأحجار النيزكية الصخرية المختلطة بالحديد، والتى تعرضت لحمم نارية أدت إلى صهرها، وهى الدراسة التى تقوم على أساس علم الصخور **Petrology** وكيمياء الأرضى **geochemistry**، مستخدماً تحليلات المسابر الماكروية لمقاطع المعادن، وأيضا التحليلات النيترونية النشطة.

- فى الأصل حصل على الدكتوراه عام ١٩٧٨ فى الكيمياء الأرضية من جامعة أوكلا **UCIA**، والتى منها بدأ رحلاته ومساهماته فى مجال الأحجار النيزكية، إلى أن التحق بوكالة ناسا عام ٢٠٠٠.

- كان أيضا عضو فريق بحث ميدانى عامى ١٩٩٧ و ٢٠٠١ حول الأحجار النيزكية بقارة أنتراكتيكا.

- كما كان عضواً بمجلس تحرير دائرة معارف علوم الأرض التي نشرت عام ١٩٩٦. كما شغل منصب أمين متحف الأحجار النيزكية في ناسا عام ٢٠٠١.

- دافيد ج. ستيفنسن **David J. Stevenson**:

- مولود بنيوزيلندا عام ١٩٤٨.

- يعمل أستاذاً لعلوم الكواكب بجامعة كالتيك **Caltech**، حيث حصل قبلها على الدكتوراه في الفيزياء من جامعة كورنيل **Cornell**، والتي قدم من خلالها نموذجاً لافقاً للنظر عن التشكل الداخلي لكوكب المشتري **Jupiter**.

- يعرف عنه تطبيقه لميكانيكا السوائل وديناميكا المغناطيسية المتطرفة **magnetohydro dynamics** للوقوف على التشكل الداخلي وتطوره في الكواكب والأقمار.

- تم تشريفه عام ١٩٨٤ بجائزة **II.C.Urey** المقدمة من قسم علوم الكواكب بالجمعية الفلكية الأمريكية، كما أنه عضو بالجمعية الملكية والأكاديمية الوطنية للعلوم.

- دنكان ستيل **Duncan Steel**:

- تلقى دراسته الجامعية في الفيزياء والفلك، والتي أنهاها عام ١٩٧٧ ثم حصل على الماجستير عام ١٩٧٩ في البصريات من جامعة لندن، ثم في عام ١٩٨٤ حصل على الدكتوراه من جامعة كانتربري بنيوزيلندا حول الدراسات الرادارية عن الظواهر الجوية كالشهب والنيازك، وما تخلفه وراءها من آثار.

- وبعدها انخرط في عدة أبحاث متنوعة عن الأجسام الصغيرة في النظام الشمسي من خلال التلسكوبات البصرية والنظم الرادارية والتقنية النظرية من أجل التوصل لدينامية تطورها.

- ثمة روبوت تسمى باسمه في رواية س. كلارك الشهيرة بعنوان: «مطرقة الله» كما أطلق اسمه على أحد الكويكبات المرقوم ٤٧١٣، وكل ذلك من قبيل التشريف لمساهماته العلمية.

- عمل لفترة مستشاراً علمياً في ناسا NASA وإيزا ESA، ومستشاراً لبرنامج وثائقي تلفزيوني، حصد جائزة إيمي Emmy للتلفزيون، كما أن له حتى الآن أربعة كتب عامة معروفة للجميع: «الهدف هو الأرض» عام ٢٠٠٠، و «ترقيم الزمن: البحث الملحمي لروزنامة متنامة» عام ٢٠٠٠ أيضاً، و «الخسوف: الظاهرة السماوية التي غيرت مجرى التاريخ» عام ٢٠٠١ (نسخة مزيّدة ومنقحة) عام ٢٠٠١ و «الكويكبات الشاردة ومذنبات يوم الدينونة الشريرة» وهذا الأخير نشر عام ١٩٩٧؛ هذا فضلاً عن ١٣٠ بحثاً علمياً منشوراً والمئات من المقالات، كما يظهر في عشرات البرامج التلفزيونية والمئات من اللقاءات الإذاعية وجميعها حول العلم، وأيضاً قد يشار إلى أنه كثير التنقل في حياته بدءاً من موطنه نيوزيلندا، ثم الولايات المتحدة والمملكة المتحدة (إنجلترا) وأستراليا والسويد، فضلاً على زيارته لما يزيد على ٨٠ دولة.

- رضا غديري M. Reza Chadiri:

- كيميائي من أصل إيراني وإخصائي عالمي في مجال علوم «النانو» المتعلقة بمتناهيات الصغر، وحصل على الدكتوراه في الكيمياء من جامعة وسكونسن - ماديسون.

- حصل عام ١٩٩٨ على جائزة فايمان لعمله المبدع في تشكيل جزيء عبر التنظيم الذاتي، وهي القوة المشابهة أو المماثلة للآلية الموجودة في الطبيعة، فيما يتعلق بالجزيئات.

- يعمل أستاذًا للكيمياء في معهد سكريبس Scripps للأبحاث.

- كما حصل على عدة جوائز من جهات علمية وبحثية عديدة ذات الصلة بالكيمياء وتقنية النانو (ما يقرب من ثمانى جوائز حتى الآن، وتقع فيما بين سنوات ١٨٨١ و عام ٢٠٠١).

- **روجر بنروز (١٩٣١-٢٠٠٠):Rogr Penrose**

- رياضى إنجليزى مشايخ للنسبية، استطاع فى ستينيات القرن الماضى أن يحسب الملامح الأساسية للنقوب السوداء.

- كما أثبت مع ستيفن هوكنج أن النقوب السوداء تنهار لمستوى المتفردة singularity عند نقطة هندسية من الكون تنضغط عندها الكتلة إلى مصير لا نهائى وإلى قيمة صفر.

- وطور أيضاً طريقة لرسم خرائط المناطق الزمكانية، المحيطة بالنقوب السوداء، والتي يمكن بواسطتها للمرء أن يتخيل تأثير الجاذبية على أى مقرب من هذه البقع.

- حاز على تشريفات عديدة مثل جائزة آدمز ١٩٦٦، وجائزة داني هينمان ١٩٧٢، وميدالية الجمعية الملكية للفلك (مع هوكنج) ١٩٧٥.

- **روبرت فولك Robert Folk**

- مؤلف موسيقى كتب الموسيقى التصويرية لعدة أفلام، فضلاً عن عدد من الكونسرات الكلاسيكية.

- **روبرت هانفورد Robert Hannford**

- مولود بأستراليا عام ١٩٤٤.

- فنان تصوير تشكيلي أسترالى برع فى فن البورتريه.

- حصل على جائزة أرشيبالد ثلاث مرات بناء على ترشيح جماهيرى سنوات ٩١، ٩٢، ١٩٩٦.

- ريتشارد زار Richard Zare:

- مولود عام ١٩٣٩ بكليفلاند أوهايو بالولايات المتحدة.
- كيميائي أمريكي ويعمل حاليًا أستاذًا للكيمياء بجامعة ستانفورد، وكان قد حصل على الدكتوراه في الفيزياء والتحليل الكيميائي من جامعة هارفارد، ويشتهر ببحوثه في كيمياء الليزر وكذا في مجال التفاعلات الكيميائية على مستوى الجزيئات.
- ألف كتابًا مهمًا بعنوان: «العزم» (كمية التحرك) الزاوي في النظم الكمومية، فضلًا عن عدة كتب أخرى بالمشاركة مع علماء آخرين تدور كلها - بخلاف الأوراق البحثية - عن التفاعلات الكيميائية، سواء الأولية منها أو تلك التي تحدث على مستوى صغير جدًا وكيفية السيطرة عليها بقوة الليزر.
- حصل على ما يقرب من ٢٠ إلى ٢٥ جائزة وتشريفًا متعدد الأصل، والتي تعود إلى الدوائر العلمية الكبرى بخلاف تلك المتعلقة بالكيمياء، وذلك عبر سنوات من ١٩٧٦ حتى ٢٠٠٥.

- ستانلي كيث رونكن Stanley Keith Runcorn (١٩٢٢-١٩٩٥):

- عالم جيوفيزيائي تعود أصوله إلى لانكشير بإنجلترا، وله شهرة عالمية كأحد الرواد العلميين في الصفائح الأرضية وإنجرافها وتشوهات القشرة الأرضية plate tectonics، وكان واحدًا من اثنين لعبا دورًا رئيسيًا في التحديات التي أثّرت في منتصف القرن الماضي، بشأن جذور المجال المغناطيسي للأرض، وكذا مصداقية نظرية انجراف القارات.
- حصل على درجات الدكتوراه من جامعات عديدة، ومنذ ١٩٦٥، وهو زميل بالجمعية الملكية العلمية بإنجلترا، كما حصل عام ١٩٨٧ على جائزة من الجمعية الأوروبية للفيزياء الأرضية.

- فضلا عن أن له إحاطة واسعة بمختلف وجوه القمر والأرض وأصل الكواكب، وإلى حتى مماته كان يبحث فى كيفية حدوث المغناطيسية المنعكسة أو المرتدة.

- وهو فى عمر ٧٣ تقريبًا كان يزور ولاية كاليفورنيا الأمريكية لإلقاء محاضرات فى جامعتها، ولحضور اللقاء السنوى للاتحاد الأمريكى للفيزياء الأرضية بسان فرانسيسكو (وكان أعزب طوال حياته ويحيا حياة مثلية) هاجمه فى مسكنه أحد اللصوص، ووجه له ضربة على رأسه وبعدها شنقه برباط نايلون، ودافع المتهم عن نفسه بأنه كان يدافع عن نفسه بعد محاولة القتل التحرش به جنسيًا إلا أنه أدين وصدر ضده حكما بالسجن المؤبد (٢٥ عامًا).

- ستانلى لويد ميللر (١٩٣٠-٢٠٠٧): Stanley Lloyd Miller:

- كيميائى وبيولوجى أمريكى يُعرف بدراساته وأبحاثه فى أصل الحياة وبصفة خاصة بالتجربة التى تحمل اسمه وآخر Miller-Urey experiment والتى أبرز فيها أنه يمكن إنشاء عناصر بيولوجية من خلال عمليات عملية بسيطة والتى استخدم فيها مشارطات، تمثلت فيما كان يعرف وقتئذ أنها المشارطات التى كانت عليها حال الأرض البدائية.

- بعد حصوله على الدكتوراه فى الكيمياء تنقل فى عدة جامعات ومعاهد أبحاث أمريكية إلى أن أصبح أستاذًا للكيمياء بجامعة سان دييجو منذ عام ١٩٦٨.

- تشارك مع أوراي فى التجربة الرائدة المشار إليها، حيث اعتقد الأخير أن الجو الأرضى البدائى يتشابه مع جو المشتري الحالى غنى بالأمونيا والميثان والهيدروجين، وعند تعريض تلك العناصر لمصدر طاقة مثل الأشعة فوق بنفسجية، فإنها مع الماء يمكن أن تنتج أحماضًا أمينية، والتى

هي ضرورية لتشكيل مادة حية. (مثل هذه الأفكار أثرت منذ عشرينيات القرن الماضي، ولكنها لقيت معارضة تتلخص في أن الجو الباكر ذاك، ربما لم يكن فقط مجرد تلك العناصر).

- استمر الاثنان بصبر وأناة في أبحاثهما على اعتبار أنه ليس ثمة فرق واضح بين إنتاج فيزيائي وآخر عضوي ينتج جزيئات حية، ومن ثم أبرز أن الجزيئات الحية يمكن أن يتم إنتاجها عبر عمليات فيزيائية بسيطة، ومن ثم فليس مستحيلًا للخطوات الأولى للتوالد التلقائي abiogenesis أن يكون قد حدث على هذا النحو في الأرض البدائية.

- ستيفن جاي جولد (١٩٤١-٢٠٠٢) Stephen Jay Gould:

- عالم أحافير أمريكي وبيولوجي يهتم بالتطور، كما كان مؤرخاً للعلوم ومن أشهر المعروفين بالكتب العلمية ذات الشعبية (تبسيط العلوم) من بين أبناء جيله، وهو الذي قضى معظم حياته العملية في التدريس بجامعة هارفارد، وأيضاً عمله في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي بنيويورك، كما كان وجهًا بارزًا في مجال العلم وتبسيطه للعامة بمختلف وسائل الميديا.

- مما ذكره عن حياته، وتجدر الإشارة إليه أن والده (وكان كاتب اختزال بإحدى المحاكم) قد أصطحبه وهو بعد في مرحلة الطفولة إلى متحف التاريخ الطبيعي، وهناك رأى الديناصور لأول مرة من نوع «تيرانوصور ريكس» ولم تكن لديه أي فكرة عن وجود مثل هذه الأشياء، ومنذ هذه اللحظة قرر أن يصبح عالم أحاث (حفريات) ومتابعة التاريخ الطبيعي وهو ما حدث بالفعل.

- بالرغم من نشأته في منزل يهودي وميال للجدل وأب ماركسي النزعة، فإنه اختلف في الرؤى للسياسية عن والده وأصبح معارضاً بالكلية لكل

أنواع الظلم والقهر، خاصة ما شاهده من علم زائف أو خادع pseudoscience في خدمة النازية والاضطهاد العرقي (الجنسانية).

- أصيب عام ١٩٨٢ بنوع من السرطان الذي عادة ما يصيب المتعرضون لمادة الإيسبتوس، وبعد سنتين عانى خلالهما، شفى تماماً منه وكتب عن ذلك عموداً متواصلاً بالصحف كان يُعدّ ملهماً بالأمل للمصابين بهذا المرض، رغم أنه أدمن الماريجوانا بهدف تخفيف الألم، والذي اعتبره هو واحداً من بين أسباب شفائه، ومع ذلك وبعد سنوات، لقي حتفه مبكراً نسبياً بسبب نوع من الورم السرطاني يصيب الرئة ويتسرب إلى المخ (وكان هذا بعد حوالي ٢٠ سنة من شفائه السابق).

- وبالنسبة لدوره العلمي فقد أنهى دراسته الجامعية عام ١٩٦٣ بدرجة في علوم الجيولوجيا، وأثناء دراسته درس أيضاً في جامعة ليدز بالمملكة المتحدة، وبعدها في ١٩٦٧ التحق للتدريس بجامعة هارفارد التي بقي فيها حتى مماته والتي ترقى فيها حتى درجة الأستاذية، كما رأس خلال ذلك وحاز على عضوية عدد من الجمعيات العلمية الخاصة بالأحافير أو بدراسة التطور.

- استطاع مع آخر أن ينمي نظرية التطور من خلال عملية متابعة علامات التوازن Punctuated equilibrium، بما أشار إلى أن عمليات التغير الإحيائي تتم بسرعة بالنسبة لطول المدة التي تستقر فيها الكائنات العضوية وهو ما اعتبره علماء آخرون نوع من العزف على وتيرة الاختيار الدارويني الذي كان معروفاً من قبل.

- خدم أيضاً الفكر التطوري عبر ملاحظته لوجود فراغ غير مقصود في عمارة الأقواس لم يتعمده المصمم أصلاً وهي الفسحة المسماة spandrel، وأن مثل ذلك يحدث في تطور الأحياء، وقد نشر ملخصاً لأفكاره عن التطور قبيل وفاته مباشرة.

- ستيفوارت آلان كوفمان Stuart Alan Kauffman:

- مولود في الولايات المتحدة عام ١٩٣٩.
- بيولوجى نظرى أمريكى، وباحث فى «النظم المعقدة» التى من بينها أصل الحياة على الأرض، ويشتهر باقتراحه أن تعقيد النظم البيولوجية والعضوية، ربما نشأ أكثر من خلال التنظيم الذاتى وديناميات التوازن عنها من خلال الاختيار الطبيعى الداروينى.
- أنهى دراسته الجامعية من دار ماوث عام ١٩٦٠ والماجستير من جامعة أوكسفورد عام ١٩٦٨ وتقل أستاذًا وباحثًا فى عدة جامعات ومعاهد أبحاث.
- حا. على شهرته بمشاركته فى معهد سانتا فى (معهد غير ربحى لأبحاث النظم المعقدة) خلال الأعوام من ١٩٨٦ إلى ١٩٩٧، وبسبب عمله هناك على النماذج فى مختلف مجالات البيولوجيا ومنها نظم الحفز الذاتى فى أصل الحياة، وشبكة النظام الجينى فى البيولوجيا المتطورة، ومجالات الصحة البدنية أيضًا.
- فى عام ١٩٩٦ تحديدًا بدأ فى الارتباط بمجموعة بحث بيولوجية منبثقة عن معهد سانتا فى، من أجل شركة ربحية استخدمت منهج النظم المعقدة لحل مشاكل الأعمال، ولكن هذا لم يدم طويلاً. خاصة أن بعض زملائه البيولوجيين العاملين فى نفس مجاله انتقدوا أفكاره فى التنظيم الذاتى والتطور.
- من بين مؤلفاته «أصول النظام: التنظيم الذاتى والاختيار فى مسألة الاختيار» عام ١٩٩٣، و «فى الوطن عبر الكون» عام ١٩٩٥، و «أبحاث» عام ٢٠٠٠، و «مقدمة للبيولوجيا العامة» عام ٢٠٠٤ وذلك فى كتاب لمجموعة من العلماء بعنوان «التصميم المتحدى: من دارون إلى الدنا» الصادر عام ٢٠٠٤، ومقدمة كتاب لمجموعة

أخرى حملت عنوان: «الوكلاء المستقلون بذاتهم» لكتابهم المعنون: «العلم والحقيقة المطلقة: نظرية الكم، والكونيات، والتعقيد» عام ٢٠٠٤ أيضًا.

- **سول سبيجلمان (١٩٨٣-١٩١٤) Sol Spiegelman:**

- بيولوجى جزيئى أمريكى قدم مساهمة فى تطوير تقنية تهجين الحامض الذرى، وهو ما ساعد على التقدم فى تقنية الدنا.

- أنهى دراسته الجامعية فى الرياضيات فى كلية مدينة نيويورك عام ١٩٣٩ وحصل على الدكتوراه عام ١٩٤٤ من جامعة واشنطن.

- فى عام ١٩٦٢ طور تقنية سمحت برصد جزيئات الرنا والدنا فى الخلايا، وبعدها واصل أبحاثه فى كيف تشكل الخلايا إنزيمات ودنا ورنـا وفـيروسات وجزيئات، تعد قاعدة أو أساسا للسرطان، ويذكر له أنه أعد تجربة من الإنتاج الذاتى للرنا أطلق عليها «وحش سبيجلمان».

- أعد أكثر من ٣٥٠ بحثًا منشورًا فى المجلات العلمية المُحكّمة وحصل على عدد من الجوائز والتشريفات.

- **سيدنى وولتر فوكس (١٩٩٨-١٩١٢) Sidney Walter Fox:**

- بيوكيميائى أمريكى يعتبر مسئولاً عن الاكتشافات الغريبة فى مجال التراكيب ذاتية الحركة *autosynthesis* للخلايا الأولى السابقة زمانيا *protocells*.

- حصل على الدكتوراه من جامعة كالتيك، وعمل مع وتحت إشراف كل من هوج هوفمان، وت.هـ. مورجان، ولينوس بولنج، وأثناء الحرب العالمية الثانية عمل فى عزل فيتامين A من أكباد أسماك القرش، والذى ساعد

على تقوية نظر الطيارين مساءً، وفي عام ١٩٤١ أسس معملًا كيميائيًا للبروتين، وبعدها تنقل في عدة مواقع جامعية مختلفة ومعاهد أبحاث.

- منذ عام ١٩٦٤ بدأ معهد الأبحاث الذي كان منتميًا إليه في دراسة أول صخور أعادتها بعثة أبولو الشهيرة من كوكب القمر.

- أكثر أبحاثه شهرة - وإن دار حولها جدل كثير - هو الذي انخرط في التشكل التلقائي للبناء البروتيني، وحين أظهر أنه في ظروف معينة يمكن للأحماض الأمينية أن تولّد تلقائيًا ببتيدات صغيرة باعتبارها اللبنة الأولى في تكوين بروتين، وكانت نتائج تجاربه مفهومة وقابلة للتصديق بسبب مضاعفته للمشاركات بطريقة يمكن تصديقها ظاهريًا لما كانت عليه الأرض في البدايات.

- وبمزيد من العمل كشف عن أن هذه الأحماض الأمينية والبيبتيدات الصغيرة يمكن تحفيزها لتشكيل مجال غشائي حيواني أو نباتي سماها *microspheres*، وذهب في ذلك إلى حد وصفها - تلك التشكلات - بأنها خلايا أولية أي بروتين يمكنه النمو وإعادة الإنتاج، وهي على هذا النحو يمكن أن تكون مرحلة وسيطة مهمة بين العناصر العضوية البسيطة والخلايا الحية المعروفة.

- من كتبه، سواء مستقلًا أو مع آخرين، «مقدمة لكيمياء البروتين» ١٩٦٥، تجارب مشابهة لطبيعة النظم التلقائية للوحدات المورفولوجية (التشكّلية) القائمة على أساس بروتيني: حول أصول النظم السابقة على الحالة العضوية وجزيئاتها البيولوجية (النسيج الواقع بين الخلايا) *Matrices* و «أصول السلوك لدى الخلايا الأولية والجزيئات الماكروية: دراسة مقارنة بيوكيميائية وفسيولوجية (علم وظائف الأعضاء)» عام ١٩٨٨ و «بزوغ الحياة: التطور الدارويني من الداخل».

- سيرجى نيكولايفيتش فينوجرادسكى (١٨٥٦-١٩٥٣) Sergei Nikolaievich Winogradsky:

- ميكروبيولوجى روسى وعالم تربية وبيئة، والذي كان رائداً فى مفهوم «دورة الحياة» ومكتشف العمليات البيولوجية لأكسدة الأمونيوم من خلال بعض الجراثيم إلى نيتريت، ثم نترات فى التربة، وكذا أول تشكل عرفه العلماء للجراثيم التى تنمو ذاتياً عبر تغذية كيميائية.

- فى بداية حياته تعلم الموسيقى، ولكنه اتجه لدراسة الكيمياء وعلوم النبات بجامعة سانت بطرسبرج، والتى حصل منها على ماجستير فى علم النبات، وبعدها بدأ عمله كباحث فى مجال البكتيريا التى تتغذى على الكبريت، واكتشف أنواع الجراثيم التى تحول الأمونيا إلى نيتريت ثم نترات فى النهاية، كما تُعرف على العضويات اللاهوائية وهى نوع من الجراثيم العضوية وبعضها غير حيوانى، وتضخ إفرازات تؤدي إلى تسممات خطيرة وهى من النوع المسخر لأسلوب وحيد فى الحياة ولكنها قادرة على إضافة النيتروجين فى الجو.

- تقلد عدة مناصب جامعية وبحثية وزمالة ورئاسة جمعيات تتعلق بمجاله البحثى وعدداً من التشريعات، باعتباره أول من غير المفاهيم، من حيث إن بعض الجراثيم تستقى الطاقة من خلال عدد من المكونات غير العضوية وتحصل على الكربون فى شكل ثانى أكسيد الكربون، بعد أن كان معتقداً قبلها من أن مصدرها فى ذلك هو الضوء، وباعتباره أول من حاول فهم عالم الميكروب خارج المشاركات الطبية وإنما من خلال البيئة المحيطة بها.

- سيدنى برينر Sidney Brenner:

- مولود بجنوب أفريقيا عام ١٩٢٧ (من أسرة مهاجرة يرجع فيها والديه إلى «لاتفيا»).

- بيولوجى حائز على جائزة نوبل فى الفسيولوجى، أجرى عدة مساهمات تعتبر بذورًا لبزوغ البيولوجيا الجزيئية فى ستينيات القرن الماضى، والتي شملت تعريف الرنا المرسال، وتفسير الطبيعة الثلاثية لشفرة البروتين من خلال تجربة برينر وآخر معه عام ١٩٦١ حيث اكتشفا معًا دورة التغيير الإحيائى التى كانت بدورها بذرة مبكرة لإيضاح الشفرة الخاصة بالجينات.
- عمد بعد ذلك إلى إلقاء الضوء على كائن عضوى صغير هو الدودة الخيطية أو السلكية المستديرة كنموذج تجرى عليه أبحاث تطور «الحيوانات» بما فيها التطور العصبى أو الظهري، والتي اعتبرها المجال الصحيح الذى يودى إلى موضوعات البحث الصحيحة فى هذا الميدان، حتى إنه عنون كلمته التى ألقاها بمناسبة حصوله وآخرين على جائزة نوبل بـ: «هدية الطبيعة للعلم».
- أسس برنر المعهد المعروف باسم «معهد علوم الجزيئات» والذى شارك أنشطة معاهد متعددة لها علاقة بالمجال.
- له فكرة تتعلق بما سماه الخطة الأوروبية والخطة الأمريكية ووفقًا للأولى (وأحيانًا ما يشار إليها بالخطة البريطانية)، فإن وظائف الخلايا تتحد عبر أصول الخلايا أو الخلايا السالفة لها، بمعنى أن الخلايا (الأم) سوف تنشئ خلايا (مولودة لها) بنفس الوظائف، بينما وفقًا للخطة الأمريكية، فإن خلايا المخ تتحدد عبر الخلايا المجاورة لها بعد تمام هجرتها إلى موقعها الحالى، بمعنى أنه لو خلية ما هاجرت إلى موقع عصبى يتعلق بالرؤية (على سبيل المثال)، فإنها ستتكيف لتقوم بنفس الوظيفة، وبالمثل لو انتقلت إلى موقع يتعلق بالسمع وهكذا، وبصرف النظر عن الأصل الجينى لتلك الخلايا الأم.

- ستيفن روز Steven Rose:

- مولود بلندن فى المملكة المتحدة عام ١٩٣٨.

- يعمل أستاذًا للبيولوجى وعلوم الأعصاب بالجامعة المفتوحة بإنجلترا وأيضًا بجامعة لندن، وسبق له أن درس الكيمياء العضوية فى جامعة كامبردج، ثم علوم الأعصاب بالجامعة نفسها، ومعهد علوم النفس بكنجز كولينج بلندن - وتتركز أبحاثه على العمليات العضوية المتعلقة بالذاكرة وتشكلاتها ومعالجات مرض «الزهايمر».

- ألف عدة كتب علمية لتبسيط العلوم للعامة كما يكتب عمودًا دائمًا فى جريدة الجارديان البريطانية، وفى الفترة من ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٢ ألقى محاضرات كأستاذ فى علوم الفسيولوجى بكلية جريشام Gresham.

- ويكتسب شهرة من مواقفه - إلى جانب العلم - الخاصة ببعض الموضوعات السياسية، منها دعمه أكاديمية المقاطعة الإسرائيلية ووصفه نفسه بأنه مُعادٍ للصهيونية anti-Zionist، ويعتبر أيضًا من الداعمين المنضمين للمؤسسة الإنسانية البريطانية.

- كما أنه من الناقدين الكبار لعلوم نفس التطور والتكيف وكتب فى ذلك عدة كتب على رأسها الكتاب المعنون: «نهاية المسكين داروين: مناقشات ضد سيكولوجية التطور» Alas Poor Darwin: arguments against evolutionary psychology.

- سيسيفوس Sisyphus:

- كان سيسيفوس ابنًا للملك إيلوس ووالدته هى ايناريت Enarete والمؤسس والملك الأول لـ: إيفيريا (كورنثة)، وكان سيسيفوس مشجعًا لأعمال البحر والتجارة، ولكنه فى الوقت نفسه كان مخاتلاً وجشعًا بحسب اكتتاز

المال، كما انتهك قواعد الضيافة بقتله المسافرين والضيوف، باعتباره عملاً، مظهرًا قوته واعتلاءه القمة، ووصفه هومر بأنه من أكثر الرجال مكرًا: فقد إغتصب ابنة عمه واغتصب العرش من أخيه، وأيضًا خان زيوس Zeus كبير الآلهة (خاصة في واقعة اغتصابه لإيجينا Aegina ابنة إله النهر)، الذي أمر بعدها بتقييده بالسلاسل ولكن سيسيفوس تماكر على الحارس بأن طلب منه أن يُريه كيف تعمل هذه القيود، وبهذه الطريقة حرر نفسه وأصبحت بذلك مملكة الموت، معطلة عن العمل، ولكن أعيد القبض عليه وإرساله لمملكة الموت، إلا أنه قبل ذلك أسر لزوجته ألا تقوم بعد موته بإجراء التضحية المألوفة في مثل هذه الحالات، وهناك في مملكة «ما تحت الأرض» اشتكى للملكة بأن زوجته قد أهملته وطلب له السماح بعودته للأرض لمطالبتها بالقيام بواجبها، وبعد عودته لكورنثة رفض العودة لتحت الأرض، وفي النهاية استطاع هرمز Hermes أن يعيده إليها.

- شاندرا وكراماسنجي (١٩٣٩-٢٠٠٠): Chandra Wickramasinghe:

- مولود بسري لانكا ويعمل أستاذًا للرياضة التطبيقية والفلك بجامعة كارديف، ورئيسًا لمركز كارديف لبيولوجيا الفلك (الفضاء)، ويعيش بكارديف وويلز والمملكة المتحدة، وحاصل إلى جانب الدكتوراه التخصصية على دكتوراه العلوم أيضًا.
- كان تلميذًا لـ: فريد هويل، ويعتبر عملهما المشترك في مجال طيف الأشعة دون الحمراء وطيفها في نطاق البذور البين كوكبية، هو الذي طور النظرية الحديثة المتعلقة بـ: البانسبيرميا (الديدان أو البذور في كل مكان)، وهي النظرية التي تقترح أن الغبار في الفضاء البين كوكبي، يعتبر عضوياً بشكل جزئى، وأن الحياة على الأرض قد تلقت من الفضاء أكثر من كونها ظهرت كنتيجة للتولد التلقائي.

- يرى أن عمله يتركز بصفة أساسية حول تطوير وسائل لترصد الحياة في الفضاء، وبأنه لعب دوراً في ميلاد علم بيولوجيا الفلك.
- وهو بالفعل من أشهر الرواد عالمياً في خبرة المواد البين كوكبية وموضوع أصل الحياة، بمساهماته الكبيرة في كل من المجال عبر نشره أكثر من ٣٥٠ بحثاً علمياً في المجلات المُحكَّمة، فضلاً عن تأليفه ومشاركته في أكثر من ٢٥ كتاباً في المجال ذاته. وكان أول من قال بنظرية: إن الغبار البين كوكبي يعتبر عضوياً في غالبيته، وليس جزيئياً كما تقول نظرية «البانسبيرميا»، وهي النظرية التي أصبحت مقبولة الآن على مستوى عريض.
- من بين الكتب التي شارك في تأليفها مع فريد هويل وآخرين «العدد الزائد للمجرات في الكون - نظرة بديلة» و «أصل الحياة في الكون» و «الكون والحياة الأبدية» و «مكاننا في الكون - إنها جاءت من الفضاء ولا تزال تجيء».
- حصل على تكريمات وجوائز علمية من بعض الجامعات، وأحدها كان مشاركاً فيها مع فريد هويل.
- في ٢٤/٥/٢٠٠٣ نشر خطاباً مهموراً بتوقيعه واثنين آخرين، اقترح فيه أن الفيروس المسمى «سارس» SARS ربما يكون قادمًا من الفضاء البين كوكبي، حيث يمكن أن تقع واقعة ما في الفضاء، يهبط بسببها عدد مؤقت من هذه الفيروسات على الجبال المطوقة للهملايا عندما ترقد طبقة الهواء، وتتبعها عدة دفعات من الفيروس نفسه على المناطق المجاورة - وهو الخطاب الذي كان محلاً لإعلام مكثف على رأسه محطة: بي. بي. سي ومجلة ناشيونال جيوغرافيك.

- سير فريدهويل (١٩١٥-٢٠٠١) : Sir Fred Hoyle :

- رياضى فلكى إنجليزى من المناصرين الأشداء لنظرية حالة الثبات فى الكون وحصل على رتبة فارس (سير) فى عام ١٩٧٢، ويعتبر من كتاب الخيال العلمى اللامعين (مقالات ومسرحيات وقصص قصيرة).

- حاول المشاركة مع الفلكى توماس جولد والرياضى هيرمان بوندى من خلال نظرية أينشتاين عن النسبية فى تشكيل أساس رياضى لحالة الثبات هذه، والقائلة بأن الكون رغم تمدده، فإن المادة تتخلق باستمرار، لتبقى على درجة الكثافة الأولى، أى أنهم جعلوا التمدد فى الكون وخلق المادة متداخلين.

- فى خمسينيات القرن الفائت وأوائل ستينياته برزت ملاحظات جديدة عن المجرات البعيدة وعمّت نظرية الانفجار الكبير، وأضعفت «حالة الثبات» مما اضطره لتغيير بعض نتائجه، حتى تكون نظريته مقبولة.

- من بين كتبه «طبيعة الكون» ١٩٥١، «حدود علم الفلك» ١٩٥٥، «الفلك والكونية» ١٩٧٥، «أوجه الكون» ١٩٧٧، «التلج» ١٩٨١.

- فرانسيس كريك (١٩١٦-٢٠٠٤) : Francis Crick :

- فيزيائى إنجليزى وعالم فى الجزيئات العضوية، وعلم المخ والأعصاب، ومن أكثر ما يعرف به هو اكتشافه عام ١٩٥٣ مع كل من جيمس واتسون وموريس ويلكنج لأبنية جزيء الدنا، والذى حصلوا ثلاثتهم من أجله على جائزة نوبل فى الفسيولوجى «من أجل اكتشافهم المتعلق ببناء جزيء الأحماض النووية وأهمية ذلك لنقل المعلومات داخل المواد الحية».

- ويعرف أيضًا باستخدامه مصطلح «المبدأ المركزى» central dogma، ملخصًا به فكرة أن تدفق المعلومات الوراثية فى الخلايا هو بالضرورة

تدفق ذو اتجاه واحد من الدنا إلى الرنا إلى البروتين، ولقد لعب دوراً مهماً في الكشف عن الشيفرة الوراثية.

- تركزت أبحاثه المتأخرة في علم الأعصاب النظري، محاولاً أن يحدث تقدماً في دراسة «الوعي» البشرى وظل كذلك إلى أن وافته المنية وهو بحرر بحثاً في هذا المجال، ولذا حاز على وصف «عالم حتى النهاية».

- ويعرف عنه - بعد عدة محاولات فيزيائية قبل وبعد الحرب العالمية الثانية - انعطافه للبيولوجيا واهتمامه البالغ بمشكلتين رئيسيتين، الأولى كيف تتقل الجزيئات من الحالة غير الحية إلى الحالة الحية، والثانية تتعلق بكيفية صناعة الدماغ (المخ) للوعي البشرى.

- فريمان دايسون (١٩٢٣-....): Freeman Dyson

- فيزيائى إنجليزى المولد أمريكى الجنسية، ورياضى ومُنظّر تعتمد شهرته على أعماله وسلسلة تنظير المستقبلات والخيال العلمى، ومن بينها البحث عن الذكاء فى الفضاء الخارجى، ويعد مناصراً للوطنية أياً كانت وفكرة عدم التسلح الذرى، والتعاون الدولى.

- عمل محلاً للجيش فى الحرب العالمية الثانية، وبعد الحرب حصل على الماجستير من كامبريدج، وبعدها انتقل للولايات المتحدة حيث نُصّب أستاذاً للفيزياء من دون الدكتوراه بجامعة كورنل، إلى جوار منصب آخر فى معهد الدراسات المتقدمة فى برنستون.

- أصبح معروفاً عام ١٩٤٩ بمعادلته عن التشكل الميكانيكى الكمى الموجود آنئذ: «الطريق التكاملى المتمم للتشكل» الذى ابتدعه ريتشارد فايمان، وفكرة «المُشغل» التى طورها جوليان شوينجر وس. إيتروور. وكمنتج ثانوى كان اختراعه لما يعرف بـ: «متابعات دايسون».

- ومن أعماله اللامعة أنه فى عام ١٩٦٦ بالمشاركة مع أ. لينارد (ومستقلين عن إليوت ليب ووالتر ثيرنج)، استطاعا أن يثبتا بصرامة أن مبدأ الإقصاء أو الاستبعاد يلعب دوراً رئيسياً فى استقرارية المواد ذات الجسوم الكبيرة، ومن ثم فليست نبضات الجاذبية الإليكترونية بين الإليكترون والجزء هى المسئولة عن بقاء كتلتين من الخشب موضوعتين فوق بعضهما البعض دون أن يلتحما فى كتلة واحدة، ولكن مبدأ الاستبعاد هو الذى يسمح للإليكترونات والبروتينات بتوليد القوة العادية التقليدية. وفى فيزياء المواد المكثفة قام بدراسات حول طور الانتقال فى نموذج إيزينج Ising فى بعد واحد وعبر الموجات الحلزونية.

- ومما يشار إليه قيام دايسون بالعمل على موضوعات متفرقة فى الرياضة والتوبولى والتحليل، ونظرية الأرقام والمنشأ العشوائى للأشياء، كما اشتغل على ما يعرف بمشروع أوريون Orion الذى اقترح إمكانية استخدام مركبة فضائية لقوة تسيير تعتمد على الخفقان الذرى، باعتبار أن ما يجرى العمل عليه يقوم على المتعجرات التقليدية، وحال دون المضى فى الاقتراح بتحريم الأسلحة الذرية فى الفضاء.

- **فردريش ووهرل (١٨٠٠-١٨٨٢) Friedrich Wöhler:**

- كيميائى ألمانى، ومن أكثر ما اشتهر به هو فروضه حول اليوريا Urea (المادة المتبلرة فى البول)، وعزله لعدة معاملات أخرى، كما يعد طليعاً فى مجال الكيمياء العضوية.

- كان من المعتقد أن العناصر العضوية لا تتشكل إلا بتأثير القوة الحيوية فى أجسام الحيوانات (والسيتوبلازم النباتى) ولكنه أثبت أنه بواسطة ترتيبات اصطناعية يمكن استخلاص اليوريا فى المعمل من مواد غير حية. وبإظهاره أن سيانيد الأمونيا يمكن أن يصبح يوريا بإجراء عدة ترتيبات

داخلية فى ذراته دون جنى أو خسارة أى شىء فى وزنه فقد أسس واحداً من الأمثلة الأكثر جودة على الأيسومرية "Isomerism" (التجاذبية) وما حيا بذلك النظرة القديمة بأن التركيب المتساوى لا يمكن أن يتواجد معاً فى جسمين مختلفين.

- وتعددت أعماله فى المجال الكيميائى حتى إن نتائج بحثه المشار إليه وُصف عند نشره وفى تقرير مقدم للأكاديمية الملكية السويدية للعلوم بأنه أحسن بحوث العام فى مجالات الفيزياء والكيمياء وعلم المعادن جميعاً، وبالتالي يمكن تصور مدى تأثيرات ذلك فى العلوم الأخرى كالفلك وتشكلات الصخور والأحافير والبحث عن الحياة فى الكواكب الأخرى.

- ومما يشار إليه أيضاً أن تأثيره على الكيمياء كان بالغاً حتى إن المجلة العلمية السنوية ظلت على مدى من ١٨٢٠-١٨٨١ تشتمل سنوياً على أبحاث ومساهمات منسوبة إليه، كما كان له عدد من التلاميذ الذين أصبحوا بين الأسماء اللامعة فى الكيمياء.

- فيثاغورث (حوالى ٥٨٠-إلى حوالى ٥٠٠ قبل الميلاد) Pythagoras:

- فيلسوف ورياضى يونانى عُرِف بتأسيسه جمعية الأخوة الفيثاغوريين، والتي كانت فى البداية تستهدف الإصلاح الأخلاقى، إلا أنها شكلت مبادئ أثرت فى أفكار أفلاطون وأرسطو وساهمت فى تطوير الرياضيات والفلسفة الغربية العقلانية وذلك فى حوالى ٥٢٥ قبل الميلاد.

- من أهم مبادئ هذه الجمعية: البحث لأقصى عمق عن الحقيقة باعتبارها ذات طابع رياضى - يمكن استخدام الفلسفة للنقاء الروحى - الروح يمكن أن تصعد للاتحاد بالمقدس - بعض الرموز لها معنى صوفى - كل الأخوة فى النظام لا بد أن يكونوا أوفياء له ومن بين سُنَنته.

- ولم يبق شيء من كتاباته، ولكن تلامذته أكدوا مذهبهم بالحفاظ عليه وتطبيق تعاليمه وتطويرها، منها مثلاً ما عرف عن نظريته عن المعنى الوظيفي للأعداد في العالم الموضوعي وفي الموسيقى، وثمة اكتشافات تنسب إليه مثل عدم تناسب الجانب القطري للمربع، والنظرية الفيثاغورية في المثلث المتساوي الساقين - إنما الأكثر احتمالاً أن معظم التقليد العقلي يتأصل منذ زمنه لحكمته المشربة بالصوفية أكثر من مساهمته العلمية.

- كارل ستيتير **Karl Stetter**:

- ولد في يوليو ١٩٤١.

- عالم ميكروبات ألماني وخبير بحياة الميكروبات تحت درجات الحرارة العالية، بل من أهم العلماء الذين اشتغلوا بهذا المجال، كما أنه من أصحاب التأثير في مجال علم الحياة العضوية في الفضاء الفلكي "Astrobiology".

- حصل على الدكتوراه في موضوع الباكثيريا العسوية المسماة **lactobacilli**، ومنذ عام ١٩٨٠ إلى ٢٠٠٢ كان أستاذاً ورئيساً لقسم الميكروبات ومركز الأرشيا **Archaea** بجامعة ريجنسبورج، وتركزت معظم أبحاثه على عينات وعزل وتوصيف العضويات الأرشية المعتبرة المجال الثالث للحياة، وبصفة خاصة عاشقات الحرارة غير المكتشفة وقتئذٍ وهي تلك التي تزدهر في درجات حرارة بين ٨٠ و ١١٣° من الباكثيريا والكائنات الأرشية التي جرت تسميتها فائقة الحب للحرارة "**hyperthermophiles**" أو "**extremophiles**".

- كان من أهم مكتشفاته نوعٌ من الميكروبات الأرشية التي تعتبر أصغر كائن جيني معروف على الأرض، وذلك في العام ٢٠٠٢ بالقرب من

إحدى الفوهات المنطرفة الحرارة عند شاطئ أيسلاند Iceland، وهى المعروفة باسم Nanoarchaeum equitans، وكذا نوع آخر كروى التشكل ومبطن بما يشبه الشعر الكثيف ويسمى علمياً *pyrococcus furiosus*، ويعيش فى نطاق حرارى أيضاً بجزيرة البركان الإيطالية، وغيرها ممن على الشاكلة نفسها.

- حصل على العديد من الميداليات والجوائز والتشريفات العلمية.

- كارل ووز (١٩٢٨-...) : Carl Woese

- ميكروبيولوجى أمريكى معروف بإنشائه وسيلة للتعرف على الأرشيا Archaea (كميدان جديد فى مملكة الحياة)، وذلك عام ١٩٧٧، والتي أصبحت مألوفة فى المعامل حتى يومنا هذا، وفى عام ١٩٦٧ هو الذى وضع تأسيساً لحدوس عالم الرنا، وإن لم تكن وقتئذ بهذا الاسم.

- وبذلك الطريقة فى تعريف الأرشيا أعاد لفت الانتباه لما فى شجرة الحياة من تصنيفات، وأرسى فكرة التنوع على الصلات الجينية بأكثر من قيامها على علاقات التقارب فى تشكيلات الأصناف morphological similarities.

- لقد قسّم الحياة إلى ٢٣ قسمًا، وجميعها ينطوى تحت ثلاثة رئيسية منها، هى: الباكثيريا والأرشيا والإيكوريا، والأرشيا لا هى باكتيريا ولا هى إيكوريا، وإنما تنتمى لما يسمى بروكاريوت التى هى ليست باكتيريا.

- ولقد مرت عملية القبول العام لتقسيماته تلك بنوع من البطء والقسوة معًا، فقد انتقده الكثيرون ومنهم أسماء لها وزنها، وظل ذلك حتى أواسط ثمانينيات القرن الماضى، دون أن يحظى بهذا القبول العام، وإن ظل هو محافظاً على معتقداته.

- ومن ناحية أخرى فقد حدس أن ثمة عصرًا ظلت الجينات فيه تنتقل بين

العضويات الحية، وأن الأنواع لم تتشكل إلا عندما توقفت العضويات عن معاملة الجينات الوافدة إليها من عضويات أخرى بنفس مستوى أهمية جيناتها الأصلية، وعلى هذا - من وجهة نظره - يكون ذلك العصر مسئولاً عن سرعة التطور المبكرة للبناءات العضوية المعقدة.

- ومن المعروف عن ووز أن لأفكاره تطبيقات في مجال البحث عن الحياة فوق كواكب أخرى غير كوكب الأرض.

- كارل ساجان (١٩٣٤-١٩٩٦): Carl Sagan:

- فلكي أمريكي قدم نظرة لها قيمتها في فهم أصل الحياة في البيئة البدائية الأرضية، وذلك عندما أعلن عن إنتاج الحامض الأميني في خليط من الميثان والأمونيا والمياه وغاز سلفات الهيدروجين المعالج بالطاقة المشعة عبر موجات طويلة من إشعاعات فوق بنفسجية المصدر.

- أدار مع جيمس بولاك وريتشارد جولد شتتين دراسات عن الرادار، أظهرت أن هناك سلسلة من الجبال والمرتفعات فوق كوكب المريخ وأن ثمة خواص معينة وملحوظة تتكون على كوكب الزهرة في مستوى حراري يصل إلى ٧٩٥ فهرنهايت.

- قام بالتعليق على مسلسل تليفزيوني عام ١٩٨٠ بعنوان: «الكون» ومن بين مؤلفاته «الغلاف الجوي لكوكب الزهرة» ١٩٦١، و«الاكتشافات الكوكبية» ١٩٧٠، و«كوكب التين في جنة عدن»، و«مشاهد من ثورة الذكاء الإنساني» ١٩٧٧، و«مشاهد لرومانسية العلم» ١٩٧٩، و«اتصال» ١٩٨٥، وهذا الأخير قام عليه فيلم سينمائي أمريكي بالعنوان نفسه.

- كيرت جودل (١٩٠٦-١٩٧٨): Kurt Godel:

- رياضي ومنطقي أمريكي نمساوي المولد، وصاحب برهان جودل الموسوم باسمه لجنته والمعينه، والقائل بأنه مع أى نظام منطق رياضي صارم، لا

يمكن البرهنة أو عدم البرهنة على أسئلة أو فرضيات معينة على أساس البديهيات الداخلة فى النظام، وبالتالي من غير الثابت أن البديهيات الأساسية القاعدية للحساب لن تسمح بظهور التناقضات، وهو البرهان الذى أصبح من أشهرها فى مجال الرياضيات فى القرن العشرين بأسره وتستمر المناقشات والتحديات حوله حتى اليوم.

- ظهر هذا البرهان عام ١٩٣١ فى مقال بعنوان: «حول اقتراحات عدم التحديد كمبدأ شكلى» فى كتاب «مبادئ الرياضيات للأشهرين برتراند رسل وهوايتهد، وهى المقالة التى أنهت قرناً من محاولة تأسيس بداهيات يمكنها أن تعطينا قاعدة صارمة لكل الرياضيات أو معظمها تقريباً، والتى من بعده أصبحت من الكلاسيكيات بالنسبة للرياضة الحديثة، أعنى بعد المحاولة الناجحة التى قدمها جودل والتى أصبحت من المبادئ الراسخة للرياضيات.

- كريستيان دى دوف (١٩١٧-٢٠٠٠) Christian de Duve:

- ولد فى إنجلترا لوالدين من المهاجرين البلجيك وتخصص فى علم الخلايا "Cytology" والكيمياء الحيوية "Biochemistry"، ومن بين موضوعات أخرى، فقد درس توزيع الإنزيمات فى خلايا أكباد الفئران، كما عمل على جزيئات الخلية، متوصلاً فى ذلك إلى رؤية فى وظيفة بناءات الخلية.

- فى عام ١٩٦٠ حصل على جائزة فرانكى "Francqui" للعلوم الطبية والبيولوجية، وفى عام ١٩٧٤ حاز على جائزة نوبل فى الفسيولوجى (علم وظائف الأعضاء)، مشاركة مع ألبرت كلود وجورج إى بالاد بسبب تقديمهم وصفاً لبناء والوظيفة العضوية فى الخلايا الحية؛ إلا أنه فى سنواته الأخيرة أخلص لدراسات «أصل الحياة» التى اعتبرها لا تزال مجالاً عريضاً واجب الانتباه إليه.

- ساهمت أعماله في ظهور اتفاق جماعى على صحة نظرية التكافل، وهى الفكرة التى اقترحت أن الميتوكوندريا والكلوروبلاست وربما خلايا أخرى من نوع الإيكاريوت، ربما تجذرت فى نوع البروكاريوت المتكامل والتى جاءت لتعيش فى خلايا الإيكاريوت.

- اقترح دى دوف أيضًا أن نوع الـ «بيرواكسيسوم» peroxisome ربما كان أول جنس تكافلى، والذى سمح للخلايا بتحمل نمو الجزيئات، بعيدًا عن الأكسجين فى جو الأرض، ما دام هذا النوع لا يمتلك دنا خاصة به، إلا أن هذا الاقتراح لم تدعمه أدلة مشابهة للأدلة على دعواه السابقة عن الميتوكوندريا أو الكلوروبلاست.

- كلود شانون (١٩١٦-٢٠٠١) Claude Shannon:

- فيزيائى أمريكى ورياضى يعرف باهتمامه بالجبر البوليانى Boolean ونظرية المعلومات، حتى إنه يلقب بأبى نظرية المعلومات والتى أسسها وهو بعد لم يتعد من العمر ٢١ سنة من خلال رسالة ماجستير (نشرت عام ١٩٣٧)، والتى أظهر فيها بوضوح أن التطبيق الكهربائى للجبر البوليانى يمكنه أن ينشئ ويحل أى علاقة منطقية عديدة، والتى اعتبرت أكثر رسائل الماجستير أهمية فى كل العصور (يرجع الجبر البوليانى ذاك للعالم «جورج بول» George Boole).

- عام ١٩٤٠ حاز على جائزة نوبل فى مجال «الهندسة الكهربائية».

- تعتبر نظريته تلك هى الفكرة الرئيسية وراء الكمبيوتر الرقمى الإلكتروني، والتى أصبحت واسعة الانتشار خلال الحرب العالمية الثانية، والتى حلت بالفعل محل ما سبقها من أفكار.

- عام ١٩٤٥، ومن خلال اهتمامه بدراسة والتطوير لعملية السيطرة على النيران، أدى مقال له فى الموضوع، مشاركًا لآخرين إلى الانتقال

بمضمون المقال وكيفية المعالجة وكيفية الاستفادة من الذكاء إلى ما عرف بعد ذلك بعصر المعلومات، الذى تدعم بمساهمة هؤلاء العلماء (شاركه فى المقال كل من: رالف بيب بلاكمان، وهندريك ويد بود).

- فى عام ١٩٤٨ نشر مقالاً من جزئين بعنوان «النظرية الرياضية للاتصالات» والتى ركز فيها على أنجع وسيلة لتشفير معلومات يريد أن يبعث بها الراسل، وفى هذا المقال التأسيسى استخدم أدوات من نظرية الاحتمالات والتى كانت ناشئة وقتئذ، وفى عام ١٩٤٩ أتبعه بمقال مهم عن «نظرية الاتصالات فى النظم السرية».

- وثمة بحث مشهور له عام ١٩٥١ بعنوان: «التنبؤ وأنطروبيا اللغة الإنجليزية المطبوعة» أثبت فيه أن معاملة المساحة البيضاء من الـ ٢٧ حرفاً هجائياً، عادة ما تُسرّع عدم اليقين فى كتابة اللغة، وتمدنا برابطة قابلة للتكثير بين ممارسة الثقافة وأرجحية أو احتمالية الإدراك.

- وفى النهاية، وبسبب مراهمة داء «الزهايمر» لملكاته العقلية، أصبح غير واع بأعاجيب الثورة الرقمية، التى ساهم أصلاً فى تأسيسها.

- كولن بيلينجر (١٩٤٣-٢٠٠٠) Collin Pillinger:

- عالم إنجليزى تَخَصَّص فى الكوكبيات، وإن كان تعليمه ورسالتى الماجستير والدكتوراه الحاصل عليهما من جامعة ويلز بسوانسى، قد انصبوا على مجال «الكيمياء» وأيضاً شهادة دكتوراه العلوم الحاصل عليها عام ١٩٨٤، من جامعة بريستول فقد انصبت بدورها على الكيمياء، إلا أن جل حياته تكرست من أجل الكويكبات والأحجار النيزكية وما يتعلق بالفلك، حتى إنه فى الفترة بين عامى ١٩٩٦-٢٠٠٠ كان أستاذاً للفلك بكلية جراهام بمدينة لندن.

- ومما يذكر أنه كان الباحث الرئيسى للمهمة التى حملت اسم بيجل ٢ "Beagle 2" للهبوط على سطح المريخ كجزء من برامج وكالة الفضاء الأوروبية، والتى تُعتبر أنها فشلت بسبب نظام الباراشوت الذى استخدم فيها، وفى محاولة ثانية، والتى كانت من تصميمه أيضًا باءت بذات النتيجة فى مرحلة «الهبوط» على السطح، وتلى ذلك أن تأكد أن نظام الباراشوت ذاك هو الذى يربط بين الحادثتين.

- لورد كيلفن (ويليام تومسون) (١٨٢٤-١٩٠٧) Lord Kelvin (William Thomson):

- فيزيائى إسكتلندى ورياضى، استطاع أن يحسب أن حركة الجزيئات تتوقف عند درجة (-273°) والتى اسمها: «الصفر المطلق» وهى أقل درجة برودة ممكنة.

- وكذا فهو يعد طليعًا بالنسبة للديناميكا الحرارية والتى كان فيها أشبه بما يطلق عليه «الطفل المعجزة» حيث قادت دراساته فى هذا الميدان إلى اقتراحه عام ١٨٤٨، وهو لم يزل فى شرح الشباب بوجود مقياس مدرج مطلق لدرجات الحرارة، وهو نفس ما أدى فيما بعد لحصوله على لقب «لورد».

- وهو أيضًا معروف بما يسمى الآن تأثير جولى - تومسون عن انخفاض حرارة غاز يتمدد فى الفراغ وهو التأثير الذى أدى إلى عمل التلجيات.

- واحد من أوائل مشروعاته، هو حساب عمر الأرض والمعتمد على مستوى برودة الكوكب باعتباره - من وجهة نظره - كان جزءًا من الشمس، والتى قدرها بحوالى مائة مليون سنة (وهو ما يختلف عن التقدير الإشعاعى فى «قلب الأرض» المعمول به حاليًا وهو ٤,٥ بليون سنة)، وحيث لم يكن على دراية بتأثير الحرارة الناجمة عن النشاط.

- اهتم كثيراً بتطوير الأدوات العلمية، فهو الذى صمم ما يعرف بالقياس الكلفانى والذى استخدم بنجاح فى كابل تبادل البرقيات بين السفن التجارية (وهو ما حقق له ثروة كبيرة وقتئذ)، وكذا البوصلة البحرية الجيروسكوبية.

- كان أيضاً أشبه «بالطفل المعجزة» فى الرياضيات، حيث نشر أول بحث رياضى له فى سن الـ ١٦، وأيضاً كان أول من أنشأ معملًا فيزيائيًا بالجامعة البريطانية، كما أصبح وهو لم يزل فى العشرينيات من عمره، عضوًا فى الجمعية الملكية العلمية، كما يرجع إليه الفضل فى نحت لفظة «الطاقة النشطة» $Kinetic\ energy =$ ، وأيضاً مساهماته فيما أدى للقانون الثانى للديناميكا الحرارية.

- نُشر له أكثر من ٦٠٠ بحث علمى، ولو أنه عارض بشدة الثورة العلمية الناشئة وقتها، والتي اختلفت عن العلم الذى عرفه على مدى حياته.

- من أقواله المشهورة: «إذا كنت تستطيع أن تقيس شيئاً تتكلم عنه ويمكنك أن تعبر عنه بالأرقام، فإنك تكون عرفت شيئاً عنه». وأيضاً مقولته: «لا تتخيل أن الرياضيات هى من الأمور الصعبة أو البغيضة المعقدة بالنسبة للحس العام، وإنما هى مجرد ترفيق وأثيرية (من أثير) الحس العام (أى تجعله رقيقاً كالأثير).

- **لليود فيرنون هاميلتون (١٨٩١-١٩٣٥): Lloyd Vernon Hamilton**

- ممثل كوميدى أمريكى ولد فى أوكلاند بولاية كاليفورنيا وتوفى بالولاية نفسها بمدينة هوليوود.

- كان كوميدياناً كبيراً من أبطال السينما الصامتة، واعتبر «كوميدى الكوميديانات» وهو التعبير الذى أطلقه عليه زملاء المهنة، حتى إن شارلى شابلن على تفوقه وشهرته الذائعة وتصدره لفن الكوميديا فى العالم، ذكر عنه أنه الممثل الوحيد الذى يغار منه.

- كان مدمناً للمشروبات الروحية، واشتهر عنه العنف عندما يصل لدرجة الثمالة، وحدث في نهاية عشرينيات القرن الماضي أن قتل أحدهم في مشادة معه ولم يوجه له الاتهام، إلا أن المسؤولين عن صناعة الفيلم استبعدوه وحرّموا عليه التمثيل، ولكنه عاد للعمل في بداية السينما الناطقة، إلا أن إيمانه قضى عليه مرة أخرى.

- لقي حتفه أثناء إجراء جراحة خاصة بمناعب في البطن في ١٩٣٥/١/١٩.

- لودفيج إدوارد بولتزمان (١٨٤٤-١٩٠٦) Ludwig Edward Boltzmann:

- فيزيائي نمساوي يُعرف بمساهماته التأسيسية للميكانيكا الإحصائية والديناميكا الحرارية الإحصائية، وكان من أبرز المتحدثين عن النظرية الذرية في الوقت الذي كان فيه الحديث عن هذا النموذج العلمي مثاراً للخلاف والجدل.

- حصل على درجة الدكتوراه عن رسالته التي تركزت عن النظرية النشطة للغازات.

- في يوليو ١٨٧٦ تزوج من أول من حاضرت (في الرياضيات) بجامعة «جراز» Graz، وأنجب منها خمسة أطفال، وعاش حياة سعيدة تولى فيها كرسي الفيزياء التجريبية، والتي أنشأها طور مفهومه الإحصائي عن الطبيعة، وحيث أصبح عضواً بالأكاديمية النمساوية الإمبراطورية للعلوم ورئيساً للجامعة نفسها ثم رشح لتولى كرسي الفيزياء النظرية بجامعة فيينا عام ١٨٩٣، وبسبب عدم اتفاقه مع آراء زملائه في فيينا خاصة إرنست ماخ Ernst Mach الذي أصبح أستاذاً للفلسفة وتاريخ العلوم، فقد هجر هذه الجامعة إلى جامعة ليبزج، وبعد تقاعد ماخ لسوء صحته عاد لجامعة فيينا، حيث حاضر في الفيزياء والفلسفة الطبيعية والتي نجحت محاضراته فيها بشكل كبير.

- عانى بعد ذلك من الاكتئاب المزمن وسرعة الاستثارة والغضب إلى أن مات منتحراً فى النهاية.

- لويس باستير (١٨٢٢-١٨٩٥) Louis Pasteur:

- كيميائى فرنسى وإخصائى فى مجال الميكروبات، ومعروف على مستوى العالم على ما أحرزه من إنجازات علمية فى مجال منع حدوث الأمراض حيث أكدت تجاربه نظرية الأصل الجرثومى للأمراض، والإقلال من ضحايا حمى النفاس (التي تصيب الودات حديثاً)، كما أنشأ أول فاكسين (مصل) لما يعرف بداء الكلب، كما يعرف عالمياً بابتكاره عملية البسترة للالبان والأنبذة (والتي تعنى التعقيم الجزئى من خلال حرارة تقتل المتعضيات دون إحداث تغيير جوهري كيميائى فى المادة الجسارى بسترتها).

- وهو أيضاً أحد ثلاثة أسسوا علم الميكروبات «ميكربولوجى» وله عدة اكتشافات فى ميدان الكيمياء أكثرها شهرة ما يعرف بلا تناسق أو تماثل الكريستال.

- تم دفنه بعد مماته تحت مبنى معهد باستير فى تشريف نادر بفرنسا بخلاف الثلاثمائة العظام المدفونين بالبانتيون **Panthéon**.

- مما يذكر أنه نشأ فى مدينة أربوا Arbois الفرنسية والتي حاز فيها بيتاً أقام فيه معمله، والذي أصبح الآن «متحف باستير» وفى عام ١٨٤١ تزوج من ابنة رئيس جامعة ستراسبورج وأنجب منها خمسة أطفال، لم يعيش منهم سوى اثنين حتى سن البلوغ، وعاش طوال حياته ككاثوليكي متحمس ومتقّد الدين.

- ولدت بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٣٨.
- بيولوجية أمريكية، وتعمل أستاذة بجامعة ماساشيوسيتس، وأكثر ما تُعرف به هو نظريتها عن أصل الكائنات العضوية المصنفة تحت نوع الـ «إيكاريوت» (ويعنى الحقيقي النواة أى تتمتع خلاياه بنوى حقيقية محاطة بغشاء نووى)، وكذا مساهمتها الفعالة فى مجال نظرية التكافل بين هذه الكائنات وهى النظرية المقبولة على نحو عام بالنسبة لكيفية تشكل أنواع معينة من ذوات البنى الدقيقة التحت خلوية ذات التخصص الوظيفى المحدد والدقيق (ويطلق عليها: العضيات).
- وكان مناط هذه المساهمة المهمة بحثًا كُتِبَته عام ١٩٦٦، وهى لم تزل حديثة عهد بهيئة التدريس الجامعى بعنوان: «أصل طريقة الانقسام الخلوى للخلايا الإيكاريوتية»، والذي رفضت معظم المجلات العلمية نشره، والذي أصبح بعد حوالى ١٥ عامًا من نضالها وتمسكها بموقفها علامة فارقة فى النظرية الحديثة للتكافل الداخلى للكائنات، والتي كانت مستقاة عن أفكار ردها علماء أواسط القرن الـ ١٩ وأوائل القرن العشرين. إلا أن وجه الاختلاف عندها أنها اعتمدت بشكل مباشر على ملاحظاتها المباشرة على الميكروبات (وربما غير المتوافقة مع ملاحظات الأحاثـة «الحفريات» وعلوم الحيوان والتي ميزت تطور علوم البيولوجى).
- وفى كتابها الذى أصدرته عام ١٩٧٠ بنفس عنوان البحث المشار إليه، شرحت أبعاد نظريتها المتمركزة حول أن عديدًا من الكائنات المصنفة: بروكاريوت (وهو المصطلح الذى استخدمه لأول مرة العالم الفرنسى Chatton للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية ولكن غير محاطة بغشاء نووى: «طليعبيات النوى») تكافلت مع بعضها البعض وعاشت على هذا

النحو ملايين السنين إلى أن تمحورت عن خلايا إيكاريوتية، وهى النظرية التى أصبحت مناساً للتعرف على كيفية بزوغ وتشكل بعض البنى الدقيقة تحت خلوية رغم تخصصها الوظيفى الدقيق "organelle".

- وقد أدى هذا المنحى فى التطوير إلى اتجاه يفسر كيف للعلاقات التكافلية بين كائنات عضوية من نوعية أو ممالك مختلفة أن تشكل مناساً أو قوة للتطور، حيث يكون التنوع الجينى، من المفترض أنه يحدث أساساً كنتيجة لنقل معلومات نووية بين خلايا باكتيرية أو فيروسية أو إيكاريوتية، كما يمكن القول بأن أفكارها كانت حافزاً لبعض الأفكار السائدة حالياً فيما يتعلق بالجينوم البشرى.

- لى سمولن Lee Smolin :

- كان مولده فى مدينة نيويورك عام ١٩٥٥.

- فيزيائى نظرى أمريكى يعمل باحثاً فى معهد الفيزياء النظرية وأستاذاً مساعداً فى الفيزياء بجامعة واترلو.

- من أكثر ما يعرف عنه اقتراحه مختلف الاقترايات للجاذبية الكمية، خاصة فى حال انقلابها، وكذا نظرية الأوتار الكونية، كما تمتد اهتماماته إلى الكونيات ونظرية الجسيمات الأولية وأسس ميكانيكا الكم والبيولوجيا النظرية.

- من أشهر اقتراحاته ما يتعلق بنظرية الأكوان المتعددة و«الولودة» وبما يعنى إضفاء طابع الاختيار للطبيعة الكونية، والتى تستخدم مبادئ التطور البيولوجى، مشيراً إلى أن العوالم تتطور عبر إنتاج الثقوب السوداء.

- نُشر له كتاب «المشكلة مع الفيزياء» "The Trouble with physics"، وكانت فيه وجهات نظر متعددة واقترايات متنوعة

للعلم والأخلاقيات ومهاجمة حادة لنظرية الأوتار، بما أثار جدلاً واسعاً وتحديات كبيرة وأيضاً انتقادات من جانب القائلين بالنظرية.

- من وجهات نظره الشهيرة أن نظرية ميكانيكا الكم ليست نهائية.
- له كتابان آخران بعنوانيّ: «حياة الكون» عام ١٩٩٩ و«ثلاثة سبل للجاذبية الكمية» عام ٢٠٠١.

- **ليزلى إليزير أورجل (١٩٢٧-٢٠٠٧) Leslie Eleazer Orgel:**

- كيميائى بريطانى تخرج فى جامعة أوكسفورد مع مرتبة الشرف الأولى وحصل على الدكتوراه من الجامعة نفسها عام ١٩٥١ وبدأ حياته كمنظر فى الكيمياء العضوية واستكمل أبحاثه فى معهد كاليفورنيا للتقنية وجامعة شيكاغو، ثم التحق عام ١٩٥٥ بقسم الكيمياء بجامعة كامبريدج، ليكمل مساره فى مجال كيمياء إنتقال المعادن؛ وكتب عدة مقالات عن ذلك وأصدر كتاباً بالعنوان نفسه، ثم انتخب أستاذاً باحثاً فى معهد سولك Salk للدراسات البيولوجية، حيث أدار معهداً للتطور الكيميائى، كما عمل أستاذاً مساعداً فى قسم الكيمياء والكيمياء العضوية بجامعة كاليفورنيا، كما كان واحداً من الباحثين الرئيسيين بوكالة ناسا للبيولوجيا المتطورة، وشارك فى مهمة الهبوط على المريخ كعضو من فريق تحليل الجزيئات وعبر تصميم بعض الأدوات التى حملتها الروبوتات معها إلى الكوكب.

- تقاطعت أعماله مع الميدان الاقتصادى عبر صناعة ما يعرف باسم سيتارابين "Cytarabine" وهو أحد العناصر السائدة حديثاً كمضاد للسرطان (وتجدر الإشارة هنا إلى موته بذات المرض).

- فى عام ١٩٧٠ اقترح إعادة النظر فى فرضية الـ: بانسبيرميا Banspermia (الديدان أو البذور فى كل مكان) والتى اقترحت أن أشكالاً من الحياة لم تكن أصلاً فى الأرض ولكن جاءت عبر الأحجار النيزكية،

كما اقترح هو وزميل له أن أحماض جزيئات البيبتيدات (وهي جزيئات تنتج عن ارتباط حمضين أمينيين أو أكثر وتعد وحدات بنائية رئيسة في جزيئات البروتين) هي التي أسست النظم القبل حيوية وقدرتها على النسخ الذاتي، وبأكثر من الأحماض الريبية النووية (التي تحوى ما يعرف بالريبوز «السكر الخماسي»، والذي يحوى ما يعرف بالناقل والمرسال والريباسى والتي تقوم بنقل المعلومات الوراثية من الدنا إلى الرنا) وقد يُنصح هنا بالعودة للفصل الخاص بهذا الموضوع في الكتاب.

- تعود شهرته على المستوى الشعبى إلى ما يعرف بـ: «قواعد أورجل»، وبصفة خاصة القاعدة الثانية منها والتي تقول: «إن التطور أكثر مهارة منك شخصيًا».

- وفي كتابه «أصول الحياة» صك عبارة: **Specified Complexity** واصفًا به المعيار الذى على أساسه تتميز الكائنات العضوية الحية عن المادة غير الحية، وذلك فضلًا عن أكثر من ٣٠٠ مقال فى نطاق ذات الموضوع.

- مارسلين بيرثيلوت (١٨٢٧-١٩٠٧) **Marcellin Berthelot**:

- كيميائى فرنسى (وسياسى أيضًا) يعرف بأنه واحد من عظماء الكيمياء فى كل العصور، ويعرف فى مجال الكيمياء الحرارية **thermochemistry** بتأسيسه المبدأ المعروف باسم تومسون - بيرثيلوت، وبتركيبه عدة عناصر حية من عناصر غير عضوية، داحضًا بذلك نظرية الحيوية **Vitalism**.

- وتقلد بعدها عدة مناصب جامعية من بينها كرسى الكيمياء العضوية الذى أنشئ من أجله بالكوليج دى فرانس وعضوية كلية الطب عام ١٨٦٣، وبعدها بعشر سنوات انضم لأكاديمية العلوم وعام ١٨٨٩ خلف لويس

باستير فى منصبه ثم أصبح وزيراً للإنشاءات فى وزارة رينى جوبلى (١٨٨٧-٨٦)، ثم وزيراً للخارجية فى الوزارة التى سميت بالبورجوازية (١٨٩٥-١٨٩٦) وتم الاحتفال ببويبله الفضى العلمى بباريس عام ١٩٠١.

- يتركز المفهوم الأساسى لبيريتيلوت فى الكيمياء فى أن كل الظواهر الكيميائية تعتمد على حركة القوى الفيزيائية التى يمكن تحديدها وقياسها، وبذلك بالمخالفة لما كان سائداً قبلها، ولذا قدم معارضة أثارت جدلاً من خلال نتائج لعديد من الهيدروكربونات والشحومات أو الدهنيات والسكريات وأجسام أخرى، مبرهنًا على أن العضويات يمكن تشكيلها على نحو عادى عبر معالجة كيميائية ومن ثم تخضع لنفس القوانين التى تخضع لها العناصر غير العضوية، وبالتالي فإن الظواهر الكيميائية لا تحكمها قواعد أو قوانين خاصة بها، وإنما يمكن تفسيرها وشرحها بمصطلحات الميكانيكية القائمة بالكون، وهى وجهة النظر، التى دعمها بآلاف التجارب والتى قدمها فى مؤلفه «الميكانيكا الكيميائية» عام ١٨٧٨ و «الكيمياء الحرارية» عام ١٨٩٧.

- وهذا الفرع من الدراسة وَجَّه بشكل طبيعى للبحث فى مجال المفترقات، ومن الناحية النظرية أدى للنتائج التى ظهرت فى كتابه عن «المواد المفترقة» عام ١٨٧٢، ثم عمليًا أدى إلى الخدمات الجليلة لبلاده وقت رئاسته مؤتمر الدفاع العلمى، وبالتالي رأس المؤتمر الفرنسى للمفترقات إبان فترة حصار باريس.

- من بين كتبه المراجع «جذور الخيمياء» عام ١٨٨٥، «مقدمة للكيمياء القديمة وفى العصر الميوني moyen» عام ١٨٨٩، وهذا بخلاف ترجمات مختلفة للكتب الإغريقية القديمة فى ذات المجال.

- توفى من فوره إثر وفاة زوجته ودفنا معًا بباريس فيما يعرف بالبانثيون .Panthéon

- ماتفرید ایجین Manfred Eigen:

- مولود بألمانيا عام ١٩٢٧.

- فيزيائي عضوى ألماني والمدير السابق لمعهد ماكس بلانك الشهير
لكيمياء الفيزياء العضوية فى جوتنجن وحالياً أستاذ شرف بجامعة
التكنولوجيا بميونخ. حصل عام ١٩٦٧ مع كل من رونالد جورج
نوريسن وجورج بورتر على جائزة نوبل للكيمياء.

- من بين كتبه: «الدائرة المفرطة: مبدأ التنظيم الذاتى» عام ١٩٧٩، ومع
آخر: «قواعد اللعبة: كيف تحكم المصادفة مبادئ الطبيعة» عام ١٩٩٣، و
«التنظيم الذاتى للمادة والتطور البيولوجى للجزيئات الماكروية»، كما أعد
بحثاً نظرياً مهماً ومؤثراً عن الكيمياء العضوية لأصل الحياة.

- ماري شيللى (١٧٩٧-١٨٥١) Mary Shelley:

- روائية إنجليزية معروفة بالقص الذى ينتسب للطراز القوطى(*) والروايات
التاريخية. والى استلهمها العلماء فى تصور شكل للحياة فى بداية
تطورها، كما ألهمت روائيين آخرين وأيضاً صناع الأفلام السينمائية، كما
أنها تزوجت من الكاتب الرومانسى بيرسى بيش شيللى Percy Bysshe
Shelley، والذى حصلت منه على لقبها.

- كما يذكر أنها ابنة الروائى والكاتب الصحفى والفيلسوف المعروف وأم
مشهورة بالمناداة بالمساواة بين الجنسين وبأنها تقوم بدور تنقيفى وكاتبة
وفيلسوفة، ولكنها توفت بعد الولادة بعشرة أيام جراء ما يعرف بحمى ما
بعد الحمل والولادة «النفاس».

(*) طراز فنى نشأ فى شمال فرنسا وانتشر فى أوروبا منذ قرابة منتصف القرن الـ ١٢ إلى أوائل القرن
الـ ١٦ الميلادى. (المترجم).

- وهى لم تذهب إلى مدرسة، وإنما تعلمت على يد والدها ومديرة المنزل التى توثقت علاقتها بها لدرجة كبيرة، وإلى الحد الذى من أجله طردها الوالد ومنع اتصال أبنائه بها، وتزوج بعدئذ من امرأة سريعة الانفعال وحادة اللسان لم تجر علاقتها مع الأبناء على وجه حسن.

- وعندما كانت فى الحادية عشرة نشرت أول مقطوعات شعرية لها، ولإبعادها عن زوجة والدها أرسلت لتعيش مع أسرة فى الريف الإسكتلندى، حيث نمت موهبتها الروائية بتشجيع من تلك الأسرة، والتى كانت تقطن بالجزء الشاحب والكنيب من شواطئ نهر تاى Tay، ولكن كانت المنطقة بجبالها ومشاهدها العامة الرائعة مصدراً لانطلاق خيالها وسبباً لنشأة علاقة حميمة بينها وبين الأشياء من حولها، وهو ما انعكس على معظم ما كتبه على رغم حرصها على ألا تكون بطله ما ترويه من قصص وأحداث.

- **مارتن ريس (Martin Rees (Baron of Ludlow:**

- مولود بإنجلترا عام ١٩٤٢.

- فلكى إنجليزى تخصص فى الكونيات والفيزياء الفلكية، تلقى العلم فى كلية ترينتى وكامبريدج والتى أصبح رئيساً لها عام ٢٠٠٤، وفى العام التالى أصبح رئيساً للجمعية الملكية بإنجلترا.

- نشر إبان حياته ما يزيد على ٥٠٠ بحث، ومن إسهاماته المهمة ما يتعلق بموجات أشعة خلفية الكون وكيفية تجمع المجرات على شكل عناقيد، كما أكدت دراسته عن أشباه النجوم دليلاً قوياً ضد «الكون الثابت»، كما كان من بين أوائل من اقترحوا أن الثقوب السوداء الهائلة هى التى تغذى أشباه النجوم بالقوة.

- حصل على عدة جوائز تشريفية ما بين عامى ١٩٨٤ و٢٠٠٧، على رأسها جائزة ميشيل فارادى عام ٢٠٠٤ وجائزة كرافورد عام ٢٠٠٥، وهو العام الذى حصل فيه على لقب بارون لودلو، كما أن ثمة حجراً نيزكياً رقم ٤٥٨٧ مسمى باسمه تشریفاً وتكريماً له.

- من بين كتبه «المصادقات الكونية: المادة السوداء، البشرية والأنثروبوية» فى أواخر عام ١٩٨٩، «مشهد جديد فى الفيزياء الفلكية الكونية» عام ١٩٩٥ و «الغواصة القدرية أو الحاسمة للجاذبية: الثقوب السوداء فى الكون» عام ١٩٩٥، أيضاً و«قبل البداية - كوننا والأكوان الأخرى» عام ١٩٩٧، و«السكان الكونيين» عام ٢٠٠١، «قرننا الأخير: هل سيقاوم نوعنا البشرى للبقاء فى القرن الواحد والعشرين؟» والذى تمثل تحذير عالم بشأن كيف للرعب والخطأ والمأسى البينية أن تهدد مستقبل البشرية فى هذا القرن - على الأرض وما وراءها؟

- مونىكا جرادى Monica Grady:

- مولودة فى إنجلترا عام ١٩٥٨.

- عالمة إنجليزية رائدة فى علوم الفضاء وتعرف بشكل رئيسى باشتغالها على الأحجار النيزكية، وهى حالياً تعمل أستاذة لعلوم الفضاء والكواكب بالجامعة المفتوحة وقبلها عملت فى متحف التاريخ الطبيعى حيث ساهمت فى تصحيح وإعادة تصنيف مجموعة الأحجار النيزكية. وكانت قد أتمت رسالتها للدكتوراه فى كلية دارون بكامبريدج عام ١٩٨٢ حول الكربون فى الأحجار النيزكية والتي بعدها بدأت بناء سمعتها العالمية فى هذا المجال.

- فى عام ٢٠٠٣ قدمت للمعهد الملكى عدة محاضرات بعنوان: "رحلة فى الفضاء والزمن"، وفى النهاية قُمت للدكتور جيمس جاكسون الحجر النيزكى المرقوم ٤٧٣١ والذى أطلق عليه اسمها كتشريف لها.
- متزوجة من أيان رايت Jan Wright، إخصائى الأحجار النيزكية بنوره.
- من بين مؤلفاتها «دليل الأحجار النيزكية» عام ٢٠٠٠، «البحث عن الحياة» عام ٢٠٠١، و «البيولوجيا الفلكية» فى العام نفسه.
- ميشيل راسل (Michael Russell (Mike Russell): ولد فى إنجلترا عام ١٩٥٣.
- من أعضاء البرلمان الإنجليزى عن منطقة جنوب إسكتلندا، عمل فى بداية حياته بالتليفزيون إلى أن كون شركته الإعلامية الخاصة، كما سبق أن ترأس تنفيذًا المحطة التليفزيونية فى الفترة من ٩٤ إلى ١٩٩٩ قبل انتخابه للبرلمان، والذى فقد مقعده فيه عام ٢٠٠٣ ثم أعيد انتخابه مرة أخرى عام ٢٠٠٧ وعين وزيرًا للبيئة.
- ألف كتابًا مع آخر ضمنه وجهات نظره المتطورة والثورية تحت عنوان «الإمساك بالأشواك أو الحنظل Grasping the thistle».
- ميشيل (مايكل) كار (Michael Carr (١٩٤٦-١٩٩٠): سياسى إنجليزى انضم لحزب الأحرار الديمقراطيين، وكان قبله منتميًا لحزب المحافظين، واستقر أخيرًا بحزب العمال، تعرض لعدد من الانتكاسات الانتخابية وبعض النجاحات، وإن فاز بعضوية البرلمان الإنجليزى عن العمال، ولكن لمدة ٥٧ يومًا من انتخابه حتى وفاته المبكرة بسبب هبوط فى القلب، إثر اجتماع صاحب

وساخن أثّرت بشأنه، وبدفع من زوجته، عدة مزاعم وتحقيقات بشأن إهمال طبي حدث في واقعة الوفاة ولكنها لم تثمر عن أى إدانة لأحد.

- ميشيل كولنز Michael Collins:

- مولود بالولايات المتحدة عام ١٩٣٠.
- رائد فضاء أمريكي سابق وطيار اختبار، أختير عام ١٩٦٣ كواحد من المجموعة الثالثة من ١٤ رائد فضاء، قضى فى الفضاء ١١ يومًا وساعتين وأربع دقائق عبر رحلتين، الأولى منهما هى جيمنى ١٠ 'Gemni 10'، حيث قام تحت قيادة جون يونج بالالتقاء مع سفن فضائية أخرى، وكانت الرحلة الثانية هى أبوللو ١١ "Apollo 11"، حيث تولى قيادة سفينة الفضاء فى مدار القمر، بينما كان زميله نيل أرمسترونج وبنز ألدرين يضعان أرجلهما على سطح القمر فى أول جولة بشرية هناك.
- تخرج فى الأكاديمية الحربية الأمريكية، والتحق بالقوات الجوية الأمريكية وتنقل بين عدة مناصب، بالمخالفة لرغبة والدته فى أن يعمل بالمجال الدبلوماسى إلى أن انتهى به الأمر كراند فضاء.
- وبعد تقاعده من مؤسسة ناسا حصل على وظيفة مساعد مدير للشئون العامة بوزارة الخارجية الأمريكية وبعدها بعام واحد أصبح مديرًا للمتحف الوطنى الجوى للفضاء حتى عام ١٩٧٨، ثم التحق بسكرتارية المعهد السمسونيالى Smithsonian وفى عام ١٩٨٠ أصبح نائبًا لرئيس الـ LTV للطيران الفضائى، وتقاعد عام ١٩٨٥ ليتفرغ لعمله الخاص.
- ابنته كيت Kate ممثلة تليفزيونية من أبرز ما لعبته وحاز على شعبية هودورها فى المسلسل الأمريكى الشهير: «كل أبنائى».

- نورم سليب Norm Sleep:

- تخرج فى جامعة ولاية ميشيجان، ثم حصل على الماجستير والدكتوراه فى الرياضيات وفيزياء الأرض geophysics من معهد ماساشوسيتس للتقنية وذلك عام ١٩٧٣، وعمل بنفس المعهد كباحث مساعد، وبعدها أستاذًا مساعدًا لفيزياء الأرض بجامعة نورث وستيريد ثم بجامعة ستانفورد ثم أستاذًا لنفس المادة ومعها الجيولوجيا بالجامعة الأخيرة وحتى الآن.

- حصل على عدة جوائز وميداليات وعضوية جمعيات أمريكية جميعها تتصل بذات المجال الذى تخصص فيه وبالتقدم العلمى بصفة خاصة.

- نيل أرمسترونج Neil Armstrong:

- (مولود بولاية أوهايو بأمريكا عام ١٩٣٠).

- رائد فضاء متقاعد أمريكى قضى فى الفضاء مدة ٨ أيام و١٤ ساعة و١٢ دقيقة عبر رحلتى جيمنى ٨ وأبوللو ١١، ويعرف تاريخيًا بأنه أول من وضع قدمه على سطح القمر عام ١٩٦٦، ثم مع زميله بز ألدرين Buzz Aldrin فى المرحلة التالية عام ١٩٦٩ حين قضيا ٢,٥ ساعة فى استكشاف سطح القمر، بينما كان زميلهما الثالث مايكل كولنز Michael Collins يدور فوقهما لحين التقاطهما.

- وقبل أن يصبح رائدًا فضائيًا عمل أرمسترونج كطيار فى البحرية الأمريكية وشهد الحرب الكورية وبعدها خدم كطيار اختبار للطيران السريع حيث حلق لمدة ٩٠٠ رحلة فى طائرات مختلفة التصاميم ومتعددة الأغراض، وكان قبلها قد اضطلع بعدد ٧٨ مهمة حربية فى كوريا بإجمالى ١٢١ ساعة أصيبت طائرته فى إحداها ولكنه أنقذ بواسطة الكرسى القانف، وحصل على عدة ميداليات عن مهامه تلك.

- ومما يذكر أنه عمل أيضًا بالتدريس الجامعي في مجال الطيران (حاصل أيضًا على بكالوريوس هندسة الطيران) وأيضًا في الملاحة الجوية والطيران البحري.
- متزوج منذ يناير ١٩٥٦ وله ثلاثة أبناء (ولدان وابنة) وإن كانت ابنته قد توفيت بمرض السرطان في الذكرى السادسة لزواجه.
- هانز دريتش (١٨٦٧-١٩٤١) Hans Adolf Eduard Driesch:
 - بيولوجي ألماني وأيضًا فيلسوف، يعرف بإنشاء تجربة أثبت فيها أن تعديل أو فصل ما نعرف بالخلايا البلاستولية blastomeres من محتوى بيضة حديثة ربما يؤثر على أمور متعددة، ولكنه لن يؤثر على النمو الطبيعي للجنين المرتقب، وهو ما اعتبر إثباتًا على أن الموناد monad (الوحدة الواحدة أو جوهر الوجود) في البيضة قادرة على تشكيل أى جزء في الجنين.
 - وقد استغل بذلك على قنفذ البحر urchin حين فصل خليتين من جنينه، متوقعًا أن كل خلية ستتطور إلى جزء من الجنين، إلا أن كلاً من الخليتين تحولتا إلى جنين متكامل للقنفذ، وهو نفس ما حدث مع أربع خلايا تحولت بدورها إلى أربعة أجنة، حيث خرجت من كل منها يرقانة ولو أنها كانت أصغر من المعتاد، وهو ما أدى إلى نحت مصطلحات في وصف الخلية «ككل الصلاحيات» totipotent أو «متعددة الصلاحيات» pluripotent.
 - وبالاستعارة من فلسفة أرسطو اقترح أن للحياة استقلالها الذاتي بناء على ذلك الإصرار الحيوي المتبدى في تجربته، وأن تطور علوم الأجنة يعطى الأكلة على ذلك.
 - وهو ما كان قد سماه مسبقًا بـ: «شبه النفسى» psychoid والتي عنى بها أن أى جوهر به حياة واعدة على نحو نفسى ذاتى بأكثر من كونها تميل

للحيزية أو المكانية، أو الانتشارية، وله أغراض كمية وكثيفة وخواص متعددة، وهى الفكرة التى لم تلق ترحيباً كبيراً، بل عورضت بشدة.

- هارولد أوراي (١٨٩٣-١٩٨١) Harold Urey:

- كيميائى فيزيائى أمريكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء عام ١٩٣٤ بسبب عمله الرائد فى مجال النظائر والذى قاده إلى نظريات تطويرية هائلة.

- كتب مع آرثر روارك كتاباً بعنوان «الذرات والكمومية والجزيئات» وهو واحد من أوائل الكتب عن تطبيقات ميكانيكا الكم فى النظم الذرية والجزيئية، وأصبح بعدها مهتماً بالنظم النووية وهو الاهتمام الذى أدى به إلى اكتشاف الديوتيريوم $deuterium$ (الهيدروجين الثقيل) وبالتالي إلى إثبات وجود ما يعرف بالماء الثقيل.

- أثناء الحرب العالمية الثانية عمل مع فريقه على تطوير مشروعات بحثية دعمت مشروع القنبلة الذرية بمانهاتن، والأكثر أهمية أنهم نجحوا فى تطوير أسلوب الانتشار الغازى الذى أدى إلى فصل اليورانيوم ٢٣٥ من اليورانيوم ٢٣٨.

- وفى حياته المتأخرة ساعد فى تطوير مجال الكيمياء الكونية، حيث قاده عمله على الأكسجين ١٨ إلى تطوير نظريات عن وفرة العناصر الكيميائية على الأرض كنتيجة لوفرتها فى تطورات النجوم، وقد لخص آراءه تلك فى كتابه المعنون «الكواكب: أصلها وتطوراتها» (عام ١٩٥٢).

- أعلن - أيضاً - أن الجو الأرضى الباكر ربما اشتمل على الأمونيا والميثان والهيدروجين، وهو ما دفع أحد تلاميذه «ستانلى ل. ميللر» إلى القول: لو أن مثل هذا الخليط من العناصر قد تعرض

لأشعة فوق بنفسجية وماء، فيمكنه أن ينشئ أحماضًا أمينية، والمعروف بشكل عام أنها تشكل لبنات بناء الحياة.

- بعيدًا عن حصوله على جائزة نوبل، فقد حصل على عديد من الجوائز العلمية المهمة، كما أطلق اسمه على مبنى الكيمياء بكلية ريفيل وعدة مدارس في أمريكا وعلى عدة نيازك وإحدى القوّهات البركانية على القمر، كما أنشئ كرسي جامعي باسمه - ناهيك عن تقلّده عدة مناصب جامعية وبحثية سابقة على مدى حياته.

- هـ. جاي ميلوش H. Jay Melosh:

- ولد في يونيو عام ١٩٤٧.

- جيوفيزيقي أمريكي حصل على الدكتوراه عام ١٩٧٢ في الفيزياء والجيولوجيا من جامعة كالتيك Caltech، وتركز اهتماماته في التصادمات الكونية والحفر الناجمة عنها، وتغير قشرة سطوح الكواكب، وكذا في فيزياء الزلازل والانهيّارات الأرضية، كما تهتم بحوّه المتأخرة بأصل التصادمات للمذنبات، والتي بالتحديد قضت على الديناصورات وأدت إلى قذف الصخور بعيدًا وانفصالها عن أجسامها الأم.

- يعتبر من الناشطين في الدراسات المتصلة أساسًا بتبادل الكائنات المتناهية الصغر بين الكواكب (وهو الإجراء المسمى «ديدان أو بذور في كل مكان» Panspermia، والذي يعرف بمصطلحاته هو "transpermia").

- وفي عام ١٩٨٩، نشرت له جامعة أوكسفورد كتابه المعنون: «التصادمات الكونية: عملية جيولوجية».

- يتمتع بعضويته في عدة اتحادات أمريكية مهمة تتصل بعلوم

الجيوفيزيكا والصخور النيزكية والفلك عمومًا والعلوم المتقدمة، وفي عام ٢٠٠٣ رُشِّحَ للأكاديمية الوطنية للعلوم، وفي مجال التشريفات فهو يحمل ميدالية بارينجر Barringer لجمعية الأحجار النيزكية.

- هنري برجسون (١٨٥٩-١٩٤١) Henri Bergson:

- فيلسوف فرنسي حظى بأهمية كبرى على مدى النصف الأول من القرن العشرين.

- ولد في نفس العام الذي نشر فيه داروين كتابه المعنون «أصل الأنواع»، متحدرًا من أسرة يهودية (والده يهودي بولندي ووالدته يهودية ذات أصول إيرلندية إنجليزية)، وتلقى في اللبسيه تعليمًا دينيًا يهوديًا، ومع ذلك فقد إيمانه بعد وقوفه على نظرية التطور التي تدعى أن الإنسان تحدر من أصل قرد، ومع ذلك، فإنه وهو في عمر الثامنة عشرة حصل على أكثر من جائزة على نبوغه في حل مسألة رياضية، والذي يعتبر أول عمل منشور له قبل أن يحسم أمره في مستقبله هل يوهبه للعلم أم للإنسانيات.

- بدأ اتجاهه للإنسانيات يتحدد بنشره تلخيصًا لأشعار لوكريتيس Lucretius مدعومًا بنقده للمادية الكونية وبعدها أطروحته المطولة عن «الزمن والإرادة الحرة» ومعها آراء عن أفكار أرسطو عن الموضوع، وهي التي حصل بها على الدكتوراه من جامعة باريس عام ١٨٨٩.

- قرأ أعمال داروين ولامارك (صاحب نظرية السلوك المكتسب بالوراثة)، ومفضلًا فكرة الأول عن التنوع التدريجي والتي تواءمت مع منظوره للحياة، وفي عام ١٨٩٦ أطلق عمله الصعب والماهر معًا بعنوان: «المادة والذاكرة» الذي ضمنه بحثًا عن

وظيفة الدماغ وتحليلًا للإدراك والذاكرة، بما يقود إلى تقدير معتبر لمشكلات العلاقة بين الجسم والعقل.

- وفي الأيام الخمسة الأولى من أغسطس ١٩٠٠ حيث انعقد أول مؤتمر دولي للفلسفة بباريس قرأ بحثًا مهمًا عن «الأصول النفسية للاعتقاد في ظل قانون السببية»، وبعدها بعام نشر عملاً يعد من أهم أعماله بعنوان: «الضحك» في محاولة لفهم أحد أوجه الحياة ومعنى الكوميديا ودورها في حياة المرء.
- ومن بين ما يعرف عنه أيضًا أنه درس علم البيولوجي، كما حصل على كرسى الطب التجريبي المنسوب لكلود برنار في الكوليج دي فرانس، ومن قبلها كرسى الفلسفة الحديثة بجنيف.

- هورست - إبيرهارد ريشتر Horst- Eberhard Richter:

- ولد في أبريل ١٩٢٣.
- في عام ١٩٦٢ تم اختياره مُقيّمًا لعلم التطبيب النفسى وأسس معهدًا له، إلا أن كتبه الأولى تعد من الكلاسيكيات في آداب هذا العلم ولكنه ما بين العامين ٧٢ و ١٩٨١ حرر خمسة كتب اعتبرت بمثابة عهد جديد لهذا النوع بين العلاج.
- ممارسته الأمر في عيادته وسعت ادراكه واتصالاته، كما تطرق الأمر للاتصال بعدد من السياسيين حتى انخرط في مؤتمرات عقدت من أجل منع التسليح مثل «الآثار النفسية للحياة في مظلة التهديد النووي» الذى عقد فى كامبريدج عام ١٩٨٢ و «الأسس النفسية لمنع التسليح النووي» والذى أقيم فى موسكو عام ١٩٨٥ و «مخاطر الحرب النووية ومحاولة منع قيامها» وتم عقده فى واشنطن عام ١٩٨٦، وبذلك أصبح من أبرز المتحدثين وصاحب أعلى صوت ينحو للسلم فى بلده وفى العالم بأسره.

- وتطور الأمر إلى تشكيله ما يعرف اختصاراً بـ "IPPNW" بهدف تجميع الأطباء وينحو إلى إبراز الآثار المدمرة للحرب النووية ومحاولة منعها، والذي قام هو بإعلانه عبر ما يعرف بإعلان فرانكفورت، والذي دعا فيه إلى «قَسَم» طبي جديد. وفي عام ١٩٩١ تمتدّت هذه المؤسسة أو المنظمة وأصبحت مسموعة من خلال الإعلام العالمي.

- على الرغم من معارضة معظم السياسيين لتوجهاتها - وإلى عام ١٩٩٤ وما بعدها إلى حتى ١٩٩٩ عقب حرب حلف الأطنطى ضد يوجسلافيا أعلنت الميديا ما يشبه معنى موت منظمات الدعوة للسلام إلا أنه كان له رد فعل أبرز فيه أن منظّمته لم تمت، إنما ومن خلال تزايد عدد المنتسبين لها واطراد منشوراتها وكتبها ومحاضراتها المتميزة فى المؤتمرات التى تعقدها، قد تَغَيَّرَتْ فقط إلى ما يعرف بثقافة السلام "culture of peace".

- وعلى ذلك، فهو يعد أكثر من زود منظمة الأطباء تلك بالأككار والأطروحات والتحليل والخطب وورش العمل المختلفة والناشطة.

- هيرمان فون هيلمهولتز (١٨٢١-١٨٩٤) :Hermann Von Helmholtz

- فيزيائى ألمانى وهب حياته بأكملها للعلم بناء على أسس عقلانية حتى أصبح من أبرز رجال القرن ١٩، ارتاد خلالها عدّة مناطق فى العلم كرياضيات العين ونظريات الرؤية ومن بينها رؤيتنا للفضاء وعلم نفس وظائف الأعضاء، وله أبحاث فى رؤية الألوان والإحساس بالنغمات، وإدراك الأصوات، وعلم التطبيق التجريبي. ويعرف فى مجال الفيزياء بنظرياته عن حفظ الطاقة، وأعماله فى الديناميكا الكهربائية وكيمياء الديناميكا الحرارية والأسس الميكانيكية لها - وفوق كل ذلك فقد كان ذا باع فلسفى فى مجال فلسفة العلم وعلوم الجمال وأفكار عن قوّة مدينة العلوم، كما تسمى معهد كبير للعلوم باسمه تشرقاً له.

- كان أول إنجاز علمي له هو اكتشافه ما يتعلق بقانون حفظ الطاقة أثناء بحثه في التمثيل الطبيعي للعضلات ومحاولة إثبات أنه لا طاقة مفقودة خلال تحريك العضلات وذلك على خلاف ما كان مترسّخاً في تقاليد فلسفة العلوم العصبية وقتئذ.
- **وليم ساسلو William C. Saslaw**
 - حاصل على الدكتوراه من جامعة كامبريدج ويعمل حالياً أستاذاً بجامعة فيرجينيا.
 - تتركز أبحاثه بصفة أساسية على جاذبية المجموعات العنقودية في التشكلات ذات الحجم الكبيرة (الكونيات) وله دور نشيط - بين أدوار أخرى - مع علماء مؤسسة NRAO، والذين يعكفون على دراسة التصوير بالعدسات الماكروية لنجوم المجرات البعيدة والمشتعة.
 - حرر مؤخراً دراسة علمية بعنوان: «توزيع المجرات: (من عنقود) The Distribution of the Galaxies: ' أو تجمع المجرات فى الكون» "Gravitational Clustering in Cosmology" والتي نشرتها مطبعة جامعة كامبريدج.
- **وولفجانج أماديوس موتسارت «موزار» (1756-1791) Wolfgang Amadeus Mozart**
 - يعتبر من أهم وأبرز المؤلفين الموسيقيين فى الفترة الكلاسيكية، ألف أكثر من ٦٠٠ عمل موسيقى من بينها الأعمال السيمفونية والكونشرتو وموسيقى الحجرة والأوبرالية وموسيقى الكورال، فضلاً عن المقطوعات المؤلفة خصيصاً للبيانو، وعلى الجملة، فإن الكثير من أعماله يعتبره مؤلفو الموسيقى جزءاً من تراث الموسيقى الكلاسيكية ومرحلتها.

- كان ميلاده فى مدينة سالزبورج، وهى واحدة من أجمل الأماكن فى العالم من حيث طبيعتها الشجرية المزهرة، ولوالده وهو موسيقى بالأساس له أكبر الأثر على حياته الموسيقية فيما بعد، حيث كان موزار يراقب شقيقته الأكبر وقد بلغت السابعة وهى تتلقى دروس الموسيقى على يد والدها على آلة الكى بورد Keyboard (السابقة على البيانو تاريخياً) وكان هو فى الثالثة من العمر آنذاك وعندما بلغ الرابعة قام الأب بقضاء بعض الوقت فى تدريبه على نفس الآلة، فكان يعيد ما يسمعه دون أخطاء، محافظاً على التوقيت وبنفس الرقة، وفى الخامسة بدأ يؤلف مقطوعات صغيرة بما فاق توقع الوالد، فبدأ وكأنه نوع من «الطفل المعجزة» *child prodigies*.

- قامت أسرته وقتها بجولة واسعة فى أوروبا وصالات العزف الكبرى بها حيث تقابل موزار مع عدد من مؤلفى الموسيقى الكبار، واستغرقت هذه الرحلة سنوات أصبح فيها ذكراً بالغاً، وبدأ تأليف الأعمال الكبرى وبرز نبوغه الذى رحبت به الأوساط الموسيقية، وأصبح ما هو عليه، وما زالت بعض أعماله تعزف حتى اليوم بنجاح كبير، ومما يذكر أنه مات صغيراً حول الـ ٣٥ من العمر وثمة جدل تاريخى عن أسباب هذا الموت المبكر.

* * *

ثانياً: الموضوعات:

- أبورجيني Aborigine:

- تتحدر الكلمة من أصل لاتيني بمعنى المتحدر من أصل ما منذ البداية، وذلك على نحو العموم فى معنى الكلمة.

- والقوم الذين يمكن أن يطلق عليهم هذا الاسم هم الذين حل محلهم قوم آخرون بعد وجود تاريخ سابق لملكية الأولين للأرض، والذين يحافظون (على الأقل جزئياً) على تقاليدهم المميزة وعلى الأرض ذاتها، ويفترقون على نحو ما مع الناس المحيطة بهم والتقاليد أو الثقافة الغالبة على هؤلاء والوافدة عليهم.

- وبالإضافة لذلك فثمة أقوام متعددة من الأبورجينيين يشار إليهم عادة بهذا المصطلح، مثل:

• التابعون لجزيرة تسمانيا Tasmania بأستراليا.

• سكان ولاية فيكتوريا بأستراليا.

• الأبورجينيون التايوانيون فى تايوان.

• سكان كندا الأصليون.

• أدلريد Adelaide:

• مدينة تقع فى جنوب أستراليا وهى عاصمة ولاية جنوب أستراليا وهى كثيفة السكان بحيث تعتبر خامس أكبر مدن أستراليا قاطبة بعدد سكان أكثر قليلاً من ١,١ مليون نسمة (فى ٢٠٠٤) وهى مدينة ساحلية تجاور المحيط الجنوبى، وحصلت على اسمها، تيمناً باسم الملكة أدلريد زوجة الملك وليام الرابع. وكانت

فى عام ١٨٣٦ هى العاصمة المخطط لها للحرى الإنجليزى الحر والمستقر الوحيد لهم وقتئذ فى أستراليا كلها، وقام المقدم وليام ليت **Colonel William** (أحد الآباء المؤسسين للمدينة) بتصميم المدينة فى شكل عام متصالب الهيئة الذى تخترقه الشوارع العريضة والميادين الكبيرة، وأحاطها فى كل الاتجاهات بالمتنزهات. واشتهرت المدينة على مدى تاريخها بالحرية الدينية ومجارة التقدم السياسى والحريات المدنية أما اليوم فتشتهر باحتفالاتها المتعددة وأنواع أنبنتها (من النبيذ) وفنونها ورياضاتها. وباعتبارها مقراً للعديد من الهيئات الحكومية والمالية.

- وللمدينة مناخ يشبه أجواء البحر الأبيض المتوسط، حيث تسقط الأمطار فى شهور الشتاء، ومن بين العواصم الأسترالية فهى من أكثرها جفافاً، ويعتبر شهر مايو فيها من أكثر الشهور مطراً فى السنة، وتكون الثلج يعتبر نادراً فيها ومن أشهر مرات حدوثه فى يوليو ١٩٠٨ ويوليو ١٩٨٢، وإن ظلت إمكانية سقوط الأمطار الثلجية، فيما عدا منطقة جبل لوفتى **Lofty** وبعض مناطق التلال فيها.

• أريس فاليس **Ares Vallis**:

- مسمى لوادٍ على المريخ، والذى يبدو أنه انحنى بسبب السوائل التى ربما تكون مياهًا، والذى تتدفق من منطقة هناك مليئة بالتلال ومتصلة ببدايات السوادى بمنطقة انتقالية عرضها ١٠٠ كيلومتر تقريباً، وتقع فى ٣٤٢,٥ شرقاً و ٣ درجات شمالاً، ويستمر الوادى ماراً بمنطقة الأراضى العليا بالمريخ، منتهياً بمنطقة أشبه بدلتا النهر.

- جاء الاسم تيمناً بالتسمية الإغريقية للمريخ والملقبة بـ أريس **Ares** إله الحرب فى ثقافتهم.

- كان هذا الوادى مهبطاً لسفينة الفضاء التى أطلقتها هيئة ناسا باسم **Mars Pathfinder** بهدف دراسة منطقة مختارة من الوادى عام ١٩٩٧.

- **أرشيا Archae:**
- هو اسم لمجموعة كبيرة من العضويات المادية مثل البكتيريا، وهى ذات خلية واحدة تنقصها الأنوية، ولهذا فقد صُنفت ضمن نوع البروكاريوت **prokaryotes** الذى هو واحد من الممالك الخمس التقليدية التى تنقسم إليها تصنيفًا مملكة واحدة الخلية، وكلمة بروكاريوت استعملت لأول مرة بمعرفة العالم الفرنسى شاتون **Chatton** عام ١٩٢٥ للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية واحدة غير محاطة بغشاء نووى والتى تسبح فى الهىولى (طليعات النوى).
- **الأرشيا** إذن هى نوع منفرد فى هذا المجال وترجع إلى المصطلح الإغريقى الذى يعنى حرفيًا: «الأنواع القديمة». ومعظمها ينتمى إلى عاشقات الحرارة المتطرفة فى درجاتها، التى غالبًا ما تزيد على درجة الغليان، ولذا فإنها توجد فى ينابيع المياه الحارة والمداخل السوداء فى أعماق البحار وأبوار البترول وهذا لا يمنع من أن بعضها فى أماكن ثلجية باردة للغاية، وأخرى تعيش فى المياه المالحة، والمياه الحامضية والقلوية على السواء، كما أن النوع المتوسطى منها يفضل الحياة فى أراضي المستنقعات ومياه «البلايع» والتربة، وأيضًا يُعثر على النوع الميثانى الطابع فى مخرجات العضويات الحية.
- وتنقسم الأرشيا بشكل عام إلى ثلاثة أقسام فسيولوجية: محبو التشكل المنتمى للهالة **Holophilites**، ونوات النزعة الحمضية **acidophiles**، ثم نوات الميل الحرارى **thermophiles**، وهو تقسيم غير شامل لكل شىء ولكنه يصلح كبداية للدراسات البيئية.
- **الاطرادية أو التشاكلية أو التماثلية Uniformitarianism:**
- ويعنى المصطلح فى فلسفة العلم الافتراض القائل بأن كل العمليات الطبيعية

التي حدثت في الماضي هي نفسها التي يمكن ملاحظة قيامها بالعمل نفسه حاليًا. وهي طريقة منطقية في الفهم، عادة ما يمكن تلخيصها في عبارة أن «الحاضر هو مفتاح الماضي».

- ويتأصل المصطلح لدى الطبيعيين في القرن الـ ١٨، بداية من أعمال الجيولوجي جيمس هوتون James Hutton والتي عدل فيها تشارلز لايل Charles Lyell في سفره المعنون «مبادئ الجيولوجيا» عام ١٨٣٠. وتم صك التعبير عام ١٨٣٢ ويليام هوي ويل William Whewell والذي صك أيضًا تعبير «المأساوية» catastrophism ويعنى فكرة أن الأرض قد أنشئت عبر وسائل فوق طبيعية وتشكلت عبر سلسلة من الوقائع المأساوية التي أحدثتها قوى لم تتكشف بعد.

- والتعبير الذي نحن بصدد له معنيان وكلاهما كانا مسيطران على مجرى الفكر في القرن الـ ١٩.

- فهو يعنى في الفلسفة الدينية أن الكون كما هو موجود الآن كان كذلك منذ زمن لا نهائى، وسيظل كذلك أيضًا للأبد وهو ما يخالف النظرة العلمية، أما في الفلسفة العلمية (وتكتب عادة بـ: "u" صغيرة، فتعنى المبدأ القائل بأن نفس العمليات التي شكلت الكون في الماضي هي الحادثة الآن، وإن قوانين الفيزياء هي ذاتها في كل أجزاء الكون المعروف لنا. وهذا المبدأ أو الفكرة البدهية لم تعد تشير في المناقشات الحديثة إلى مدرسة بعينها، وإنما فقط لمجالات الفلك وعلوم الأحاث (البحث في أشكال الحياة بالعصور الجيولوجية السالفة، كما تعبر عنها المتحجرات والأحافير أو المستحاثات الحيوانية والنباتية).

- ألبا باتيرا Alba Patera:

- بركان فريد السمات يقع إلى الشمال من منطقة ثارسيس Tharsis على سطح المريخ وله وقاء بركانى يصل إلى ١٦٠٠ كيلومتر تقريبًا، وبارتفاع حوالى ٦

كيلومترات في أعلى نقطة وبذلك يصبح أكبر بركان في النظام الشمسي بالنظر للمساحة والحجم. وله تدفقات رقيقة من الحمم بالنسبة لتدفقات البراكين المريخية الأخرى ذات الوقاء، مع طبقاته الأشبه بالمسطحات ومئات من القنوات الضيقة على جوانبه، والتي يصل معظمها إلى أكثر من ١٠٠ كيلومتر طولاً، وبعضها يصل إلى طول ٣٠٠ كيلومتر، بما يظن معه وجود تنفطحات سوانل حممّية تستمر لمدد طويلة زمنياً. وهو يقع على نظام صدوع تجرى إلى الشمال من منطقة ثارسيس.

- وهو يختلف عن باقى البراكين المريخية من عدة طرق مثل افتقاده مخزونات الرماد، وكذا لوجوده فى أراضٍ واطئة بدلاً من الأراضى المرتفعة.
- أنتاركتيكا Antarctica:
- وهى الأراضى المكونة لقارة جنوبية تعلقو القطب الجنوبى المتجمد وهى محاطة كلية بالمحيط الجنوبى وتبلغ مساحتها ١٤,٤ مليون كيلومتر مربع، وهى بذلك القارة رقم (٥) من حيث المساحة بعد آسيا وأفريقيا والأمريكتين الشمالية والجنوبية ثم أوروبا وأستراليا المتساويتين فى الاتساع، ويغضى الثلج ٩٨٪ من هذه المساحة والذي يصل سمكه فى المتوسط إلى ١,٦ كيلومتر.
- ومن المعروف أنها من أكثر الأماكن برودة وجفافاً، والرياح بين القارات، كما تعد من الناحية التقنية أكبر «صحراء» فى الأرض ولذا لا يسكنها أحد بشكل دائم، وليس ثمة دليل على أى موجودات أو سكان فيما قبل التاريخ، فقط بعض النباتات المتكيفة مع هذه الظروف وبعض الحيوانات ذات الفراء وطائر البطريق (العاجز عن الطيران) والطحالب (أنواع عديدة منها).
- أجريت معاهدة عام ١٩٥٩ وقعتها فى البداية ١٢ دولة، أصبحت ٤٥ فيما بعد، والتي حرمت الأنشطة العسكرية فى القارة، وكذا التعدين أو البحث عن المعادن، ولكن فقط دعم البحوث العلمية وحماية الطبيعة، وهى الأبحاث التى

أجراها حتى الآن ما يقرب من ٤٠٠٠ عالم من مختلف الجنسيات والاهتمامات.

• أورا Aura:

• تسمية للإحساس بالاضطراب الناجم عما يعرف بالصداع النصفي في الفترة السابقة للصداع، وبعض الذين يعانون من الصرع يتوهمون رؤية ضوء غريب أو برائحة غير سارة، إلا أن الأورا لا تستلزم على نحو ضروري الإصابة بنوبة الصداع أو الصرع، لأن بعض هؤلاء قد تحدث لهم النوبات من دون الإشارات التحذيرية تلك، والتي قد تفيد في منع أو التحوط من إحداث أضرار بأنفسهم.

• وتتعدد الإشارات التحذيرية تلك، بدءًا بالتغيرات في الرؤية، والأضواء المبهرة، والخطوط المتعرجة، والتحريف في حجوم الأشياء، والشعور بما يشبه الستارة على إحدى العينين، والرؤية النفقية، وتأثير قطع الزجاج الملونة، أو الوميض الخافق، أو النقاط السوداء أمام العين، وسماع الأصوات، والهلوسة الشمية، أو الشعور بالخدر أو الوخز الخفيف بأحد جانبي الجسد أو الشعور بالانفصال عنه أو الشعور بالخوف أو القلق أو الغثيان أو الضعف أو عدم الاستقرار، ثم عدم القدرة على فهم الكلام المنطوق أو التحدث بطريقة صحيحة.. إلخ. وهي جميعًا قد تساعد في تحديد أين ستأتي الضربة.

• أوديسا المريخ ٢٠٠١ Mars Odyssey 2001 :

• اسم لمركبة فضائية روبوتية أرسلتها هيئة ناسا لتدور في مدار المريخ، وتركزت مهمتها في استخدام آلات تصوير ومجسات طيفية لمحاولة اصطيد أدلة أو حتى دليل واحد لمياه في الماضي أو الحاضر تساعد في الإجابة عن سؤال عما إذا كانت الحياة تواجدت في إحدى المرات فوق المريخ، وأيضًا كان منظور إليها كبديل أو وسيط للاتصالات بين عربات استكشاف المريخ مع الأرض.

- وأطلق هذا الاسم على المهمة بعد فيلم «٢٠٠١: أوديسا الفضاء» الشهير ولكى تصبح بهذه التسمية إشارة إلى الفرق بين الخيال الفيلمي وواقع الحياة آنئذ ٢٠٠١».
- أطلقت أوديسا من قاعدة كيب كانيفرال يوم ٢٠٠١/٤/٧ ووصلت إلى المريخ فى ٢٤/١٠/٢٠٠١، واشتعلت نيران المركبة الرئيسية لكبح سرعتها، وتسمح بأن تلتقطها جاذبية المريخ وتظل دائرة فى مدار حوله وفى كل دورة تقترب أكثر منه.
- وباستخدام مناخ المريخ فى تهدئة سرعة المركبة الفضائية بدلاً من إشعال المحركات والمدسرات، فقد وفرت ٢٠٠ كيلوجرام من قوى الدفع أو التسيير، وقد انتهى هذا الكبح فى يناير لتبدأ المركبة مهمتها العلمية فى ٢٠٠٢/٢/١٩.
- أودية ماك موردو الجافة **McMurdo Dry Valleys**:
- عبارة عن صف من الأودية تقع فى قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبى للأرض فى داخل أرض فيكتوريا إلى الغرب من ماك موردو. والمنطقة تحفل بالعديد من السمات الجيولوجية المثيرة بما فيها بحيرة فيدا **Vida** ونهر أونكس **Onyx** أطول أنهار أنتاركتيكا. وهى أيضاً من أكثر صحراوات الأرض تطرفاً، ومن الشمال إلى الجنوب تقع الأودية الرئيسية الثلاثة: وادى فيكتوريا، ووادى رايت **Wright**، ووادى تايلور **Taylor**.
- وقد استحققت هذه الأودية اسمها من ضعف قابليتها للسكنى وافتقادها لتساقط الثلج أو وجود غطاء جليدى، وهى فى مجموعها تحتل ٤٨٠٠ كيلومتر مربع أى ٢٪ من القارة، وتشكل أكثر مناطقها تحرراً من الثلج: وسطها مغطى بمواد حصوية متفرقة، ولتى قد تلاحظ فيها جليداً صغيراً مضلع الأجنحة.
- وترجع الظروف الفريدة لهذه الأودية الجافة إلى الرياح الكاتاباتيكية **Katabatic** (من كلمة إغريقية تعنى الهبوط لأسفل "going down"). والتى

تحدث عندما يندفع الهواء الكثيف البارد إلى أسفل التلال بسبب الجاذبية (وقد تصل سرعة هذه الرياح إلى ٣٢٠ كيلومترًا في الساعة) والتي من شأنها تبخير كل الرطوبة والماء والتلج والجليد في هذه العملية.

- كما وُجدت هناك نباتات بين صخرية Lendolith، حيث كانت محمية من الهواء الجاف ومستفيدة بالرطوبة داخل شقوق الصخور. ولأن المجلدات الذائب بعضها صيفاً والمتدلية في بعض الأودية تمثل المدد الغذائي للتربة.
- ويعتبر العلماء أن طبيعة هذه الأودية من أقربها في الأرض شبها بطبيعة المريخ وبيئته، ومن ثم يمكن التبصر فيها للبحث عن حياة فضائية، ولهذا أُعتبرت المنطقة منذ عام ٢٠٠٤ مَحَمِيَّة طبيعية لا يجب المساس بها.
- إيرل مونباتن أوف بورما Earl Mounbatten of Burma:
- لقب من ألقاب النبلاء بالمملكة المتحدة UK أنشئ عام ١٩٤٧ لصالح لويس مونباتن أول فيكونت (نبييل دون الكونت وفوق البارون) لبورما ونائب ملك الهند، وتتص رسائل التنصيب على أن هذا اللقب يورث للأبناء بمشاركات معينة.

• إيبى . كولى (E. Coli) Escherichia Coli:

- وهو نوع من أنواع الباكتريريا البروتينية العديدة والتي تحتسب ضمن المستوى الأسفل من الثدييات والمعروفة باسم "gotflora" (مجموعة جراثيم الأمعاء والقادرة على التحوصل). وهى تساعد فى عمليات «الفقد» وامتصاص الغذاء وحماية فيتامين K.
- اكتشفت للمرة الأولى عام ١٨٨٥ على يد الباكترولوجى وطبيب الأطفال الألمانى تيودور إشهريش (والتي التصقت باسمه)، وهى وافرة العدد للغاية لدرجة أن عددها فى غائط أو ما يبرزه الكائن فى اليوم الواحد يقدر بـ ١٠٠

بليون إلى ٣ تريليونات، وهي ليست مقصورة على هذا الموقع، فقد عثر على عينات منها - على سبيل المثال - على حواف الينابيع الحارة.

- ومن الممكن أن تسبب عدوى داخلية أو حتى خارجية مثل: عدوى الجهاز البولى والتهاب السحايا والتهاب الصفاق والتهاب الأذناء وعفونة الدم وذات الرئة أيضا. وهي من الناحية الفيروسية تنقسم إلى نوع معوى (المسبب للإسهال فى البشر والخنازير والأغنام والماشية والكلاب والأحصنة)، ونوع ثان متعلق بنشوء المرض (وهو المسبب للإسهال أيضا فى البشر، والأرانب والكلاب والقطط والأحصنة)، ونوع غازى مهاجم (والذى يوجد فقط فى البشر) ثم نوع يرمز إليه اختصارا VTEC (ويوجد فقط فى الخنازير والماشية والكلاب والقطط) ونوع يرمز إليه اختصارا EHEC (ويوجد فى البشر والماشية والأغنام ويهاجم ما يتعلق ببطن وأحشاء الخنزير بنفس الطريقة التى يهاجم بها البشر) وأخيرا نوع يرمز إليه بالأحرف EAGGEC (وأیضا يقتصر تواجده فى البشر).

- وكل أصناف هذه الباكتریا البرازية وكل أشباهها مما تعيش فى الأرض (فى التربة أو فى النباتات المنفسخة، تجتمع تحت مسمى شكل الكولى coliform، وهى المجموعة التى تعيش حيث يوجد الأكسجين وفى مياه البالوعات، ولا تكون أبوغة وهى عصوية الشكل (الشبيهة بالعصيان) وسلبية الجرم وقادرة على تخمير اللاكتوز، وإنتاج الغازات، والتى تنطلق من الجسد عند امتلاء البطن بها. ووجود هذه الباكتریا على سطح المياه يعنى عادة وجود تلوث برازى.

• إيليزيوم Elysium:

- المصطلح بهذا الشكل يعتبر الوجه اللاتينى للأصل الإغريقى Elysium، وكان من المعتقد فى الميثولوجيا الإغريقية أنها تعنى قسما فى عالم ما تحت الأرض يمثل المقر النهائى للأرواح الفاضلة الطاهرة وأصحاب البطولات، وهو على هذا النحو يتشارك مع جنات السماوات فى المسيحية.

- ونجد أن الكلمة تتسم بالغموض والانعزالية والتي تدل على تحديد مكان أو شخص اعتوره الاستتار أو الطهارة. والمدرسون لذلك يقترحون أن الكلمة ربما انحدرت من التعبير المصرى "ialu" والأقدم منه "iaru"، والذي يعنى «القصبة»، ويرجع فى ذلك إلى العبارة "sekheth iaru / ialu" بمعنى «حقول القصبة»، والتي بمعنى آخر يقصد بها أرض الوفرة التى يأمل الموتى أن يقضوا فيها الأبدية. ومن ناحية أخرى يرى مدرسو الكتاب المقدس أن المصطلح ينحدر - ربما - من الكلمة Elisha، والذي كان طبقاً للكتاب المقدس ابناً لـ: Yawan وهو واحد من أسلاف الإغريق، وربما تعنى إذن نوعاً من تقديس الرب أو إيداء ما يستحقه من احترام.

- هذا وكانت الكلمة قد وردت فى الأدب الكلاسيكى القديم فى أشعار هيزيود Hesiod فى «الإلياذة والأوديسا». كما وردت عن فيرجيل Virgil فى الإنيادا Aeneid، كما أن البعض يخلط أحياناً بينها وبين فكرة دانتي Dante عن جهنم أو أعلى طبقة فيها والتي يذهب إليها غير المعمدين وغير المؤمنين ولكنهم عاشوا حياتهم أطهاراً وفاضلين، كما ظهرت فى عصر النهضة عند شكسبير Shakespeare فى مسرحيته: «الليلة الثانية عشرة» ودخلت الخيال الأوروبى على أنها تمثل مكاناً ممتعاً، وتتابع بعد ذلك فى الأشعار والقصص.

• باسيلوس سبتيليس Bacillus Subtilis:

- وهو جنس من الجراثيم من فصيلة العصويات ويحتوى على ثلاثة من الأنواع التى تسبب الأمراض للإنسان وهى:

١. العصوية الجمرية anmrocis والتي تسبب مرض الجمرة الخبيثة.

٢. العصوية الشمعية.

٣. العصوية الرقيقة subtilis التى تسبب التهاب الأمعاء والتهاب الملتحمة.

- وهذه الأخيرة عادة ما تتواجد فى التربة، والتى لها القدرة أن تشكل كيساً قوياً يحفظها ويساعدها على التواؤم مع ظروف بيئية متطرفة.

- كما أن هذه العصويات الرقيقة لا تعتبر مسببة لمرض الإنسان، فهي قد تفسد الطعام أو تلوثه ولكنها نادراً ما تسممه. وبواغيتها يمكنها تحمل الغليان الذى يعد به الطعام، وهى المسئولة عن تكون مادة رغوية وخيوط عسوية فى العجينة الفاسدة للخبز.

- وثمة فوائد لهذا النوع من الجراثيم تتمثل فى:

- الحرب البيولوجية (وما زالت خطورته محلاً للجدل).

- كلقاح فى مجال البستنة والزراعة.

- كثيراً ما يستخدم كإضافات لمنظفات الغسيل.

- كنموذج للدراسات المعملية.

- كما أن لبعض سلالاته نشاطاً ملحوظاً فى إيادة الفطريات.

- وتستخدم سلالة معينة منه تعرف رسمياً باسم **Bacillus natto** فى الإنتاج التجارى لبعض الأطعمة اليابانية والكورية.

- يمكنه تحويل المتفجرات لمكونات غير ضارة من النيتروجين وثانى أكسيد الكربون والماء.

- كما يلعب دوراً فى حفظ فاقد الأشعة الذرية **radionuclide**.

- تركيبات معينة منه، تساعد فى خفض نفقات إنتاج مادة **PHA**.

- بروكاريوت (وحيدات الخلية) **Prokaryote**:

- ويعتبر من مجموعة من العضيات التى تفتقد جزيئات الخلية أو أى أغشية محيطية بالأجزاء، وأغلبها وحيد النسيج المتخلل بين الخلايا، وإن كان بعضها وفير الأنسجة، والكلمة ذاتها تنحدر من كلمة إغريقية تعنى حرفياً: قبل **pro-**، بندقية أو نواة = **Kargon**، مشيرة إلى جزيء الخلية أى أنها من السابقات على التكون الحقيقى العضوى.

- وتنقسم في العادة إلى مجالين: الباكثيريا والأرشيا **archaea**، وإن كانت ثمة مملكة جديدة هي الباكثيريا الأرشيا **archaea bacteria**، ويعرف عن هذه العضيات أنها لم تعش فقط، إلا في ظروف غير ملائمة أو غير مضيافة، مثل الجو المتطرف الحرارة أو المغمور بالأشعة، ولكن أصبحت توجد في جميع الظروف.

- ومن الواجب أن نميز بينها وبين من يسمون المكتملين الخلية: **eukaryotes** أو **eucaryotes** بمعنى المكتملين الأنوية (أو حقيقوا الأنوية)، لأن هذه الأخيرة تحتوى على جزيئات حقيقية لديها الدنا الخاص بها (كالبشر مثلاً)، والذين قد يكونون متوحدي الخلايا أو يتميزون بوفرة الجزيئات، كما أن لها أغشية تغطي جزيئاتها. هذا والفارق بين تشكيل البروكاريوت والإيكاريوت كبير جداً، لدرجة أنه يعتبر أهم تمييز بين مجموعات العضيات، وعادة ما يستعمل المصطلحين كمترادفين.

- وكان كارل ووز **Carl Woese** عام ١٩٧٧ قد اقترح تقسيم البروكاريوت إلى الباكثيريا والأرشيا (جنرياً هي الإيباكثيريا والأرشيا باكتيريا) بسبب الاختلاف في التركيب الجيني بينها، وبذلك حلّ التقسيم الثلاثي للممالك العضوية محل التقسيم الثنائي التقليدي. أى بدلاً من البروكاريوت والإيكاريوت أصبحت: الإيكاريوت والباكثيريا والأرشيا؛ هذا وتختلف أشكال البروكاريوت فمنها الكروي الشكل والمكور والعصويات الشكل والمنحنى والحلزوني أو المغزلي، وهي تتواجد في مختلف بيئات الأرض، إلا أن نوع الأرشيا بصفة خاصة فهو لا يزدهر إلا في البيئات الخشنة مثل الحرارة المرتفعة أو المفرطة الملحية، وعادة ما يشار إلى هذه النوعية من العضيات بـ: عاشقات التطرف **"extremophiles"** وكثير من البروكاريوت يعيش متطفلاً في أو فوق عضيات أخرى بما فيها البشر.

- **بلبارا Pilbara:**
- وتعنى حرفيًا فى اللغة الأصلية للبلاد: جاف.
- وهى منطقة فى الشمال الغربى لأستراليا ذات طبيعة جغرافية خاصة من بين المناطق التسع، المقسمة إليها أستراليا، وتتكون من قطاعات أشبورن وشرق بلبارا وبورت هيدلاند وري إيبورند، وتتميز بالمناجم، وبأنها موطن لثعبان الأصل (ثعبان كبير الحجم جدًا). الزيتونى اللون، والذي يتعرض لخطر كبير بسبب الإهلاك الحادث فى موطنه.
- وتغطى المنطقة مساحة قدرها ٧٠٩,٨٩٦ كيلومتر مربع، بما فيها الجزر خارج الشاطئ، ولا يسكنها سوى ٤٠,٠٠٠ ساكن تقريبًا والذين يقطنون فى مدن المنطقة: بورت هيدلاند وكاراتا ونيومان وماربل بار.
- وتتكون بلبارا من ثلاث مناطق مميزة جغرافيًا، فهناك الثلث الغربى منها والذي يشمل السواحل الرملية ويعد المصدر الاقتصادى الأساسى لبلبارا صناعيًا وتجاريًا ثم الجزء الشرقى، والذي يقترب من كونه صحراء بالكامل وتتناثر فيه السكنى من قليل من الشعب الأبورجيني (السكان الأصليون).
- ويتنوع الجو فى بلبارا إلى جاف وشبه جاف مسفوحًا بالحرارة وقليل الأمطار وتصل حرارته فى الصيف إلى ما يجاوز ٣٢° مئوية تقريبًا كل يوم، كما أن درجات الحرارة التى تصل إلى ٤٥° درجة مئوية ليست من بين غير المعتاد حتى إن بلدة ماربل بار كثيرًا ما يدعى بأنها أكثر الأماكن حرارة. والتى سجلت مرة ١٦١ يومًا متتابعًا دون انقطاع بدرجة حرارة تزيد على ٣٧,٨° درجة مئوية.
- يقوم الاقتصاد فى المنطقة على مناجم خام الحديد والصناعات البترولية، ولذا قامت فيها سكك حديدية ثقيلة لخدمة هذه الأهداف والوصل بين المدن الرئيسية.

• باتجالور Bangalore:

• مدينة في الهند تصل مساحتها إلى ٧٤١ كيلومتراً مربعاً وعدد نسماها إلى ٥,٢٨٠,٠٠٠ نسمة وهي عاصمة ولاية كارناتاكا Karnataka وتقع في الجزء الجنوبي الشرقي منها، وتعتبر من ناحية عدد السكان ثالث المدن الهندية ازدحاماً وسادس المناطق الحضرية بها.

• وبعد حصول الهند على استقلالها عام ١٩٤٧ انخرطت باتجالور في محور الصناعات الثقيلة، وبصفة خاصة طيران الفضاء والاتصالات وقطع غيار الماكينات، والمعدات الثقيلة والدفاع، وبعد تحرير الاقتصاد الهندي، قامت بها مؤسسات ناجحة في مجال الـ سوفت وير أدى إلى نهضة ونمو تقنية المعلوماتية كصناعة، حتى إنه يشار إلى هذه المدينة كوادى سيلكون الهند حيث تمثل منتجاتها ٣٥٪ من صادرات الـ سوفت وير الهندية.

• كما أصبحت المدينة تعرف بأنها من أحسن المدن التي تمارس فيها الأعمال، وبأنها موطن لكليات جامعية لها احترامها ومؤسسات بحثية كذلك، كما تعتبر في نطاق الأمة الهندية بأنها ثاني أكبر المدن التي نجحت في محو الأمية بين قاطنيها، ولو أنها مازالت تكافح من أجل التغلب على مشاكل تلوث الجو والاختناقات المرورية.

• التطفلية Parasitism:

• وهي نوع من العلاقة التكافلية بين نوعين مختلفين من العضيات الحية، حيث يستفيد المتطفل من مضيفة على مدى وبمشاركة طويلة، والذي عادة ما يتأذى (المضيف) من ذلك. وبصفة عامة فإن المتطفل عادة ما يكون أصغر كثيراً من مضيفة وعلى درجة عالية من التخصص في مجرى حياته، فضلاً عن سرعة تكاثره البالغة بالنسبة لمضيفه، والمثال التقليدي على التطفل هو التفاعل بين الفقاريات كمضيفين والدودة الشريطية وجرثومة الملاريا والديدان المتقبة (ضرب من الديدان العريضة) والبراغيث.

- والمتطفل يضعف حيوية المضيف بطرق مختلفة بصفة عامة أو من خلال نماذج تخصصية كأمراض بعينها، وحتى تغييرات في سلوك المضيف، فضلاً عن أنها تستغل المضيف في توفير غذائها وموطنها وقابليتها للتحرك. والنوع الذي يعيش فيها داخل المضيف تسمى المتطفل الداخلي **endoparasite** مثل: **hookworms**، أما التي تعيش على سطحه (جلده) فتسمى متطفلاً خارجياً **ectoparasite**، مثل بعض أنواع السوس أو العث (**mites**).

- أما ما يعرف بالمتطفل التالي **epiparasite**، فهو ذلك النوع الذي يتغذى على المتطفل الأول أو الأساسي، وهذه العلاقة أحياناً ما يشار إليها بالتطفل المتطرف: **hyperparasitism**، والمألوفة في عالم الحشرات وعلى سبيل المثال فإن بعض يرقات الدبابير أو الذباب تعتبر متطفلاً داخلياً على يرقات نوع معين من الدبابير، والتي عادة ما تنقلب إلى متطفل على يرقات خنفساء الخشب.

- هناك أيضاً ما يعرف "**parasitoids**"، ويقصد بهم المتطفلون الذي يتسببون في موت المضيف بسبب إصابته بعدواهم بسبب نقص الغذاء لديه (في التطفل السارق **Kleptoparasitism**، حيث يتغذى المتطفل على الغذاء الذي يجمعه المضيف، أو مثلاً عندما يلجأ بعض أنواع الوقواق إلى وضع بيضة مع بيض طائر آخر ويستخدمه بذلك كجليسة أطفال لصغاره ويربيه الأخير كأحد أبنائه) أو بسبب فقدّه لأنسجته الرقيقة. وهنا يشار إلى أن هذا النوع المميت من المتطفلين يكتى: **necrotrophs**، لأنه لا يعيش في أو على مضيف ميت.

- التقسيمات الفرعية للعصر الكامبرياني **Cambrian subdivisions**:

- العصر الكامبرياني يأتي بعد العصر النيوبروتيروزويكي **Neoproterozoic** وقبل العصر الأوردوفيكياني **Ordovician**، وينقسم الكامبرياني إلى ثلاث مراحل: الباكر والمتوسط والمتأخر، كما أن صخور هذه الفترة عادة ما تشير إلى أنها متعلقة بالأدنى والأوسط والأعلى الكامبرياني.

- وكل من هذه الفترات الثلاث ينقسم إلى مستويين من حيوانات الحقبة الزمنية، وواحدة منها جميعاً وهى البايان Paibian قد تميزت بصلتها بالبعثة الدولية لعلم الطبقات الجيولوجية والتي أعطتها الاسم، بينما باقى الحقب لم تحظ بأسماء بعد.

- ومدى توقيت الفترة يظن - على نحو تقليدى بأنها تشكلت قبل ما بين ٥٠٠ و ٥٧٠ مليون سنة، والحدود الواطنة فى تلك الفترة ظهرت فيها مبكراً - كما يعتقد - حيوانات تقطن الحيوذ البحرية، وفى نهاية المرحلة ظهرت ما يشبه الثورة فى تشكيلات الحيوانات، حتى إنها تعرف بمرحلة الانقراض، هذا وإن كانت الأحفورات المكتشفة فى الربع الأخير من القرن العشرين مثلها مثل التأريخ الإشعاعى، قد وضعت هذه التواريخ محل تساؤل. وترجع صعوبة التحديد الزمنى إلى أن الأحافير لم يحصل عليها إلا من مناطق قليلة، وهى أيضاً التى تم فيها حساب التأريخ الإشعاعى والتى لم تصبح تحليلاته متاحة إلا مؤخراً، وحتى التأريخ البديل (كما لو أن أ تسبق ب) والكافى للدراسات ترجع صعوبة الاعتماد عليه فى عدم تطابق الصخور مع الصخور المنسوبة لنفس الفترة فى قارات أخرى.

- وثمة ما يعرف باسم الانفجار الكامبرياني الذى يصف سرعة ظهور معظم الحيوانات المعقدة التركيب والتي تشير الأحافير إلى أنها ترجع إلى ٥٣٠ مليون سنة. والذى صاحبه تقسيمات مهمة فى التنوع بين العضويات، حيث كانت قبل ذلك بحوالى ٥٠ مليون سنة وحيدة الخلية ومنفردة لتتحول فجأة إلى مستعمرات منها. وهذا الانفجار هو ما أنشأ نوعاً من التحدى فى المناقشات بين العلماء حول المسألة.

- التشوش (الهوس) أو الفوضى Chaos:

- نتفق فى البداية على أن هذين التعبيرين مثل كثير من المصطلحات العلمية يمثلان تعبيرين تقنيين لا يتفان بالضرورة مع الدلالة التى يشيران إليها فى الاستعمال العادى للكلمات. ومن ثم فهما (ليهما) ينصرف فى العلم إلى أمرين متقابلين:

١. النشوء من خلال انبثاق.

٢. الانتظام الكامل فى مجال الظواهر الفيزيائية والذى يمكن وصفه بمصطلحات محددة وأرقام رياضية ومقاييس لها نماذج معينة وبالتالى قابلة للتنبؤ بسلوكها فى الأغلب الأعم.

- والمثال المبسط لهذا الأمر هو إمكانية الحفاظ على مدى معين لتأرجح بندول على فترات منتظمة وينفس القدر. وذلك هو النظام. وبالمقابل هناك زخات المطر حيث تصطدم القطرات مع جزء صغير من السطح وفى فترات غير منتظمة ولا يمكن التنبؤ بها إلا فى حدود معينة وقد خضعت مثلها مثل سائر الظواهر الفيزيائية للبحث الفيزيائى والرياضى.

• التعايش Symbiosis:

- وترجع الكلمة فى جذرها إلى الكلمة الإغريقية **Biootic** بمعنى عائش و **sym** بمعنى معًا، وبالتالى فهى تشير إلى وصف مختلف درجات العلاقات القريبة بين أعضاء حية من نوع مختلف، وكان الذى استخدم المصطلح لأول مرة الميكروبيولوجى (علم دراسة الفطر وتصنيفه وتأثيره «الفطريات») الألمانى هنريش أنتون دى بارى **Heinrich Anton de Bary**، الذى عرّفه بـ: «العضويات غير المتشابهة التى تعيش مع بعضها»، منتوياً بذلك أن يضم التعريف كل العلاقات القريبة من ذلك كتعايش فردين أو مجموعتين من نوعين مختلفين بحيث يستفيد كل منهما بالآخر أو أن يعيش أحدهما معتمداً على الآخر، ولا يستطيع البقاء من دونه (الطفيلية **parasitism**)، أو المواكلة بمعنى التشارك فى نفس نوع الغذاء، بحيث يستفيد أحد الطرفين على الأقل، كما يعتمد البعض إلى تضيق التعريف على العلاقة التى يستفيد منها الطرفان المتعايشان، وهنا يصبح المصطلح مترادفاً مع التعادلية.
- وللتعايش فى النهاية عدة أنواع:

- التعادلية أو المشاركة، والتي يستفيد منها الطرفان بالقدر نفسه (+ +).
- المعايشة التي يستفيد منها أحد الطرفين، بينما لا يعاني الآخر من مخاطر حادة.
- الأمينساليزم **Amensalism**، حينما يكون التشارك لا يمثل ميزة لأحد الطرفين، بينما الآخر غير متأثر بشيء (- صفر).
- الطفيلية (العالة) التي فيها يستفيد أحد الطرفين بينما يضار الآخر (- +).
- التنافسية وهي الحالة التي يضار فيها الطرفان (- -).
- التعايش البيئي الذي يعيش فيه المشاركون على سطح جسم المضيف وأيضا بداخل النسيج الطولية للألياف العصبية والقنوات الخارجية للغدد.
- التعايش الداخلي والذي يحيا فيه المتعايش داخل النسيج الرقيق للمضيف، سواء داخل الخلايا أو خارجها.

• التمثيل الضوئي **Photosynthesis**:

• والمقصود به تحويل الضوء إلى طاقة كيميائية بواسطة الأعضاء الحية عبر مواد أولية مكونة من ثاني أكسيد الكربون والمياه، ومصدر ضوئي (نور الشمس) والتي في النهاية تنتج جلوكوزًا (سكر سداسي وحيد يوجد في الأغذية ويعتبر مصدراً رئيسياً للطاقة اللازمة لحياة الكائنات العضوية) والأكسجين.

• ومن المتفق عليه أنه أهم طرق البيوكيمياء على الإطلاق، باعتبار اعتماد الحياة عليه تقريباً، وهي عملية معقدة تجري في النباتات العليا والنباتات المائية (أنهار، بحار، أراض رطبة، سواء وحيدة الخلية أو بجذور وساق وأوراق) كما تحدث أيضاً في بعض أنواع البكتيريا مثل النوع الذي لا يحتاج للأكسجين **cyanobacteria**.

- ويتم ذلك كله في مرحلتين الأولى يقوم فيها التفاعل المستقل للضوء بامتصاص الطاقة ليستخدمها في صنع جزيئات عالية الطاقة، وفي المرحلة الثانية يستخدم هذه الأخيرة في اقتناص ثنائي أكسيد الكربون وصنع الكربوهيدرات، وتعرف هذه المرحلة رسمياً بـ: التفاعلات السوداء.

- **ثيثيوس Theseus:**

- ملك أسطوري لأثينا تدور قصته بين ٤٤٠ و ٤٣٠ قبل الميلاد، ووالدته هي إيثرا Aethra، ولكن يشترك في أبوته اثنان هما: إيجيوس Aegeus وبوسيدون Poseidon (إله البحر والزلازل) الذي عاشرتة ليلة واحدة. وهو مؤسس لبطولة، مثله مثل بيرسيوس Perseus وكاديموس Cadmus أو هرقل Heracles، الذين تحارب كل منهم مع أعدائه وخصومه وهزمهم، والمنتمين جميعهم للميثولوجيا الإغريقية القديمة المرتبطة بدورها بألهة متعددة للظواهر الطبيعية والقنطور (كائن خرافي نصفه رجل ونصفه فرس) والتنانين (جمع تتين). وكما كان هرقل مصلحاً وبطلاً دوريانيا Dorian، فإن ثيثيوس هو البطل المصلح الأيوني «Ionian».

- وتقول الأسطورة إنه في ليلة زواج إيثرا من إيجيوس أبحرت إلى موقع ضاجعت فيه بوسيدون، وهذا الخلط في السائل المنوي بين الرجلين أنشأ جزءاً مقدساً في بطننا الوليد حيث اشتركت فيه صفتا الخلود والفناء، شأن معظم أبطال الإغريق، وتستطرد الأسطورة بالقول بأنه عندما حملت به إيثرا قرر إيجيوس العودة لأثينا، ولكن قبل ارتحاله قام بدفن صندله وسيفه تحت صخرة كبيرة وطلب من زوجته أن تجعل الابن المنتظر بعد اكتمال نموه، وإذا كان بطلاً بشكل كافٍ، أن يحرك الصخرة ويستأثر بسيف أبيه وهو ما فعله الابن الذي نشأ في أرض والدته شجاعاً فتياً، والتي أطلعتّه على حقيقة أبوته المزدوجة، وبأن عليه أن يطالب بحقه المكتسب من ألوهية بوسيدون، وبالفعل يختار ثيثيوس الوصول لأثينا من أصعب الطرق البرية، مكتسحاً كل العواقب

التي صادفته من وحوش وأشرار خرافيين، وما نحو ذلك إلى نهاية القصة (الأسطورة) التي يصبح فيها ملكاً لأثينا وبطلاً ومصلحاً.

• جبل أوليمبوس Olympus Mons:

• يعتبر أعلى بركان فى نظامنا الشمسى، ويقع على كوكب المريخ عند حوالى ١٨ درجة شمالاً و ١٣٣ درجة غرباً. وكان ذلك قبل أن تؤكد مجسات الفضاء أنه جبل، وكان من قبل مشكوكاً فى هذا منذ القرن ١٩.

• هذا التشكل الضخم الذى يرتفع ٢٧ كيلومتراً عن أقل مستوى فى سطح المريخ (حوالى ثلاثة أضعاف ارتفاع قمة إيفرست) وعرضه ٥٥٠ كيلومتراً، وعلى جوانبه جروف شاهقة وست حفر عميقة، وعلى إحدى حوافه جرف يصل ارتفاعه إلى ٦ كيلومترات.

• هذا الحجم الهائل مع سطوحه الضحلة يعنى أنه لو وقف امرؤ على سطح المريخ حتى عند انحناء الكوكب (باعتباره مستديراً أو كروى الشكل)، فإنه يستطيع أن يرى الجزء العلوى من مشهده الجانبى.

• وثمة التباس فى أن قمة جبل أوليمبوس تعتبر فوق الغلاف الجوى المريخى. فى حين أن الضغط الجوى على القمة يعادل من ٥ إلى ٨٪ من الضغط عند سطح المريخ. وهناك أيضاً الغبار المريخى المحمول جواً يتصاعد إلى القمة وكذلك السحب الثلجية المحملة بثانى أكسيد الكربون تغطيها. ومع أن الضغط الجوى المريخى عند سطحه يمثل ١٪ من مثيله على الأرض، فإن انخفاض الجاذبية المريخية تسمح بتصاعد المناخ لعلو أكثر من المألوف.

• ومن الناحية البركانية فإن جبل أوليمبوس يعتبر بركاناً مغطى، وكنتيجة للتدفقات الهائلة للحمم من فتحاته عبر مدة طويلة من الزمن، وهى الفتحات التى يصل عرضها إلى أكثر من ارتفاعه، فإن مستوى جوانبه المنحدرة تعتبر تدريجية جداً. وقدّر عمر جانبه الغربى من الصور المرسلّة من الأقمار التى

أُرسلت إلى مداره عام ٢٠٠٤ بأن سطحه يصل من حيث العمر إلى ١١٥ مليون سنة، وأن المنطقة التي وصلت إليها اللافا (الحمم) لا يزيد عمرها على ٢ مليون سنة، بما يعنى أنه من المحتمل أن جبل أوليمبوس مازال يشتمل على أنشطة بركانية فى قاعه.

- هذا وتعتبر جزيرة هاواى فى كوكب الأرض كمثال مشابه للبراكين المغطاة على مستوى أكثر صغرًا.

- جرين لاند (بما يعنى حرفيًا: الأرض الخضراء) Greenland:

- مقاطعة تتمتع بالحكم الذاتى فى مملكة الدنمارك تحت حكم مارجريت الثانية، وتصل مساحتها إلى ٢,١٦٦,٠٨٦ كيلومترًا مربعًا، بما يماثل ربع مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، وتقع بين أراضى القطب الشمالى والمحيط الأطلنطى، فهى ترتبط جغرافيًا بقارة أمريكا الشمالية إلا أنها ترتبط سياسيًا وتاريخيًا بأوروبا وبصفة خاصة أيسلندا والنرويج والدنمارك، وتعتبر أكبر جزيرة فى العالم، ولكنها ليست فى عداد القارات.

- فى ١٩٧٨ ضمنت لها الدنمارك استقلالها الذاتى وساوت بينها وبين مقاطعات سائر المملكة.

- عاصمتها مدينة نوك Nuuk.

- جزيرة أكيليا Akilia Island:

- وتقع فى غرب جرينلاند على مبعده ٢٢ كيلومترًا جنوب مدينة نوك (عاصمة جرينلاند) وتعتبر موقعًا لصخرة أو صخور بعدها الجيولوجيون أقدم صخور رسوبية معروفة وربما أقدم دليل على الحياة فوق الأرض أو فى أى مكان آخر.

- هذا التشكل الجيولوجى عند قمة الطرف الجنوبى للجزيرة، توصل أهل الاختصاص إلى تقدير أقدميتها إلى ما لا يقل عن ٣٨٥ مليون سنة اعتمادًا على الشريط البركانى الذى يقطع تلك الصخور، بل ربما أقدم من ذلك.

- كثيرًا ما يُدعى بأن رسوبيات أكليلا تحتوى على أشرطة حديدية ومن المظنون أنها نتيجة للأكسجين الذى تتركه كائنات عضوية تعتمد على التمثيل الضوئى، متصامًا إلى حديد متحلل لتحويله إلى أكسيد حديد غير قابل للذوبان.

- كما يعتقد أنه إذا كان ذلك صحيحًا، فسيكون الوقت المتاح للحياة لتنظيم نفسها ضيقًا على نحو ما، بالنظر إلى أن أدلة أخرى تقترح أن الأرض لم تكن مستعدة لاستقبال الحياة قبل ٣,٩ مليون سنة (3.9Ga).

• جهنم Hell:

- وهى الكلمة المألوفة فى الديانتين المسيحية والإسلامية، إلا أن لها ملفوظات أخرى حول ذات المعنى فى مختلف العقائد مثل: Duat, Diyu, Narako, Limbo, Jahannam, Hel, Hades, Gehenna, Yomi, Tartarus, Sheol, Purgatory وهى جميعًا تتعلق بموضوعات: مشكلة جهنم، والشيطان، والنار، والكبريت، والتعذيب بالنار، الظلام الخارجى.

- وطبقًا لمختلف الديانات والعقائد تعنى العذاب الذى يعانیه الخاطئون والضالون والأشرار فيما بعد الحياة، وفيما خلا المسيحية والإسلام فعادة ما تشير إلى عالم ما تحت الأرض أو المكان الكئيب المظلم البارد.

- وبعض الثيولوجيين المتخصصين يصفون تفاصيل عديدة لما سيحدث فيها، وباعتبارها دائمة، أما العقائد القائمة على الدورات (كبعض المعتقدات الهندية والصينية مثلًا)، فيرون فيها فترة توسطة بين الحياة والصورة المستنسخة من المرء بعد ذلك بمعنى أنها ليست أبدية.

- وبالمقارنة مع جهنم، فهناك مقام أو موطن الموتى أو ساكنو الجنان، حيث يمثل مقام كل الموتى مكانًا محايدًا للجميع، أكثر منه تعذيبًا للخطئين بصفة عامة، فيما عدا بعض الموتى المختارين لسكنى الجنة فور الموت مباشرة.

- ويشير الفهم الحديث لجهنم إلى معنى تجريدى كحالة من الفقد والضياغ، أكثر منه تعذيباً حرفياً تحت الأرض.

• الحجر النيزكى أورجيل Orgueil meteorite:

- حجر نيزكى كربونى سقط من الفضاء فى ١٤/٥/١٨٦٤ بالقرب من مدينة أورجيل بجنوب فرنسا (لا يُعرف إلا سبعة من الأحجار النيزكية التى تشبهه وهو يعد من أكبرها)، وقد تهشم إلى عدة أجزاء يمكن مشاهدتها فى متاحف التاريخ الطبيعى فى أوروبا والولايات المتحدة، أما المتحف الفرنسى، فله فيه أكبر قطعة من الحجر وتزن ١١ كيلوجراماً.

- وفى عام ١٩٦٢ أعلن ناجى Nagy وزميل له، أنهما اكتشفا عناصر منظمة مختلفة فى فجوات الحجر، والتى يمكن أن تكون كائنات حية من أصل فضائى خارجى، وترتيباً على ذلك؟ فإن هذه العناصر سرعان ما تعرضت للتعقيم بسبب التلوث الذى أصاب الحجر.

- فى عام ١٩٦٥ عثر فى شريحة من الحجر كانت محفوظة بإحكام فى قارورة زجاجية منذ اكتشافه على كابسولات لبذور داخل تلك الشريحة بينما طبقة الزجاج الخارجية قد استمرت دون أى اضطرابات. وبالرغم من الإثارة فى بداية الأمر فقد بدا أن الانفداع الأوروبى قد أقسد الأمر وظهر بعد ذلك أنها خدعة قصد بها رفع شأن الجدل القائم فى القرن الـ ١٩ لحساب تحول مادة غير عضوية إلى عضوية.

• حزام كويبر Kuiper belt:

- وأحياناً ما يطلق عليه حافة حزام كويبر Edgeworth-Kuiper belt وهو منطقة من النظام الشمسى وراء الكواكب تمتد إلى مدار الكوكب نبتون Neptune (إله البحر عند الرومان، وفى الترتيب هو الثامن من حيث البعد عن الشمس)، وهو مثله مثل حزام الكويكبات ولكنه أكبر حجماً منه (حوالى

٢٠ مرة من عرضه ومن ٢٠-٢٠٠ مرة من ضخامته)، ويتكون مثله من أجسام صغيرة (متبقية من تشكيلات النظام الشمسي وعلى الأقل كوكب قزم واحد مثل بلوتو (Pluto))، ولكن بينما يشتمل حزام الكويكبات أساساً على الصخور والمعادن، فإن حزام كويبر يشتمل بشكل واسع على أجسام متجمدة ملساء قابلة للطيران مثل الميثان والأمونيا والمياه.

- ومنذ اكتشاف هذا الحزام عام ١٩٩٢ لأول مرة، فإن الأشياء المعروفة من مكوناته تزايدت إلى ما يزيد على الألف عدداً وأكثر من ٧٠,٠٠٠ من الأجسام الصغيرة (وتكنى اختصاراً: (KBOs))، ومن المعتقد أنها باقية هناك، ومن المعتقد أيضاً أنه يُعتبر مخزناً للمذنبات الدورية المتكررة بانتظام وهي تلك التي يستمر مدارها أقل من مائتي عام، كما يُعتقد أن المذنبات ذات الشكل القنطوري (القنطور حيوان خرافي له جسد إنسان ومؤخرة فرس)، والتي تدور حول الغازيات العملاقة يرجع أصلها إلى هناك. كما يمتد المعتقد إلى أن الأجسام ذات شكل القرص المتناثرة (مثل ما يحمل اسم إيريس (Eris)) والتي تأخذ مداراً، ومثل قمر نبتون المسمى تريتون Triton الذي اقتنصه الحزام ضمن مجموعته، وهي جميعاً كذلك.

- هذا ويعتبر بلوتو القزم من أكبر ما هو معروف من مجموعة مكونات الحزام، والمعتبر بصفة أصلية ككوكب، وله خواص فيزيائية تتشابه ومألوفة عن مكونات الحزام، ومن المعروف منذ بولكير تسعينيات القرن الماضي أنه يشارك في مدار عدد يشبه مكونات الحزام الصغيرة والمسماة حالياً البلوتينيئات plutinos.

- الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين (الدنا) Deoxribonucleic Acid (DNA):

- هو حمض جزيئى يحتوى على التعليمات الجينية، التي تقوم بعملية نماء ووظيفية أى كائن حي معروف، وبوره الرئيسى إذن يتحصل فى الحفظ طويل

المدى على المعلومات، ودائمًا ما تقارن الدنا بمنظومة: الطبعة المبدئية، طالما كانت محتوية على التعليمات اللازمة لبناء مكونات الخلية مثل جزيئات البروتين وجزيئات الرنا RNA، وأجزاء الدنا التى تحمل هذه المعلومات تسمى جينات "genes"، وكعمل مساعد للدنا هو قيامها بتنظيم كيفية استخدام هذه المعلومات الجينية.

- ومن الناحية الكيميائية فإن الدنا عبارة عن «بلمرة» (تجميع) لوحدات بسيطة تسمى نيوكليدات وعمودها الفقرى مصنوع من ذرات السكر والفوسفات والتي يوتقها أو يربطها معًا مادة تسمى «إستر» «ester» (عبارة عن مركب كيميائى ناتج عن اتحاد مادة كحولية مع مادة حمضية) ويتصل بكل ذرة سكر واحد من أربعة جزيئات تسمى «قواعد» bases، وتقوم هذه القواعد مع ذلك العمود الفقرى بتشفير المعلومات، والتي تتم قراءتها لاحقًا باستخدام الشفرة الجينية، والتي تخص العملية التبعية للحمض الأميى مع البروتين. والشفرة تتم قراءتها باستتساخ امتدادات للدنا فى الحمض الأميى ذى الصلة أو المختص. أما وظيفة الرنا فهي عملية تعتبر أول مراحل تعبير الجينات، عما تحمله من معلومات وراثية، ومعظم جزيئات الرنا تستخدم فى تركيب البروتين، أما الباقي فيستخدم مباشرة فى منظومة «الريبوسومات» ribosomes والسبليسومات Spliceosomes.

- والدنا داخل الخلايا تنتظم فى كروموسومات ويقال لها «صبغيات»، والتي تحوى كل منظومة من هذه الأخيرة تقوم بتجميع المجموع الكلى للصفات الوراثية للكائن، وهذه الكروموسومات يتم تسخنها قبل انقسام الخلية.

- وفى الكائنات المنتمية لأسرة إيكاريوت Eukaryote مثل الحيوانات، والفطر فهي تحفظ الدنا داخل جزيئات الخلية، بينما المنتمية لأسرة البروكاريوت prokaryote، مثل البكتيريا، فنجدتها فى سيتوبلازم الخلايا، وفى داخل الكروموسومات فثمة بروتين الكروماتين chromatin (المادة المكونة

للصبغيات ويتألف من الدنا، متحدًا بالبروتين) مثل «الهستون Histone» حيث يتحد أو يندمج الجميع لمساعدة الدنا وتنظيمه بحيث يتحكم فى التفاعلات الجارية.

• حياة نفسية (الظواهر النفسية ككل) Psyche:

• وقد استخدم المصطلح عبر الميثولوجيا الإغريقية بمعنى المفهوم الإغريقى للنفس أو الذات أو العقل أو الروح.

• وثمة جحر نيزكى باسم psyche 16.

• كما يشير نفس المصطلح إلى نوع من الحشرات من أسرة قشريات الأجنحة كالفراشات وغيرها.

• دودو Dodo:

• ينتمى الدودو لمملكة الحيوان من النوع الفقارى أو ذات الحبل الظهرى وهو نوع من الطيور (غير القادرة على الطيران) وينسب لأسرة الحمام واليمام ويصل ارتفاعه، وهو منتصب، إلى المتر الطولى، ويتغذى على الفواكه ويبيض على الأرض.

• وكان هذا النوع قد تم تمييزه فى النصف المتأخر من القرن ١٧، وتم تسجيله كقابل للانتساب إلى النشاط البشرى. وتطلق العبارة الوصفية «ميت كالدودو» لتعنى: أنه لا مجال للشك أو التساؤل عن أنه ميت حقيقة. وعبارة «إنه يمضى فى طريق الدودو» لتعنى: أنه متميز أو مهجور أى أن استعماله شائعة أو تطبق كثيرًا، أو بمعنى: أنه قد أصبح عتيقًا وينتمى إذن للماضى.

• جذر المصطلح «دودو» ليس واضحًا فربما يرجع إلى تسمية هولندية أو ربما برتغالية والتي نطقوا الكلمة doudo، وبشكل شائع doido بمعنى «أحمق» أو «مخبول» كما أن اللغة البرتغالية إن تكرر منها مقطعين لغويين متشابهين

فإنهما يشيران إلى اللغة الطفولية. وبذلك تظل كل تلك الفروض وغيرها فى نفس المجال مجرد فروض ظنية.

• ذات الرئة Pneumonia:

• مرض يصيب الرئة والجهاز التنفسى بشكل عام بسبب قيام المرء أو المريض من خلال الرئة باستنشاق الهواء لامتصاص الأكسجين منه، وباعتبار الهواء معبأ بالباكتيريا المسببة للمرض، ومن هنا - خاصة فى حالة ضعف جهاز المناعة لأى سبب - فمن المحتمل أن تهاجم البكتيريا الصدر لتلتهبه وتغمره بالسوائل. وهذا المرض قد يحدث بسبب يرجع إلى البكتيريا أو الفطر أو الفيروسات أو الطفيليات، وأيضاً بسبب الإصابات الفيزيائية أو الكيماوية التى قد تقع للرئة.

• وفضلاً عن غمر الرئة بالسوائل فهو يحجز الأكسجين عن الوصول لمجرى الدم. وعادة ما يصاب المريض بالكحة المصحوبة ببصاق يميل لونه للاخضرار أو الصفار، إضافة لارتفاع الحرارة والارتعاش اللا إرادى بسبب الإحساس الزائد بالبرودة، وألم وخزى حاد فى الصدر أثناء الكحة أو أخذ نفس عميق وربما تكون الكحة مدممة، والصداع، وميل الجلد للون الأزرق، والإسهال والقيء وتقلبات المزاج وآلام المفاصل، وفى بعض أنواع ذات الرئة (طبقاً للنوع المسبب لها من الميكروبات) قد يعانى المريض من ألم الأمعاء ونقص الوزن والتعرق الليلي.

• الرنا RNA:

• الحامض الريبي أو الرنا هو جزئ حمضى يتكون من عديد من النيوكليدات المتشكلة فى صورة بللورات (متبلورة) وكل نيوكليد يتألف من قاعدة نيتروجين، ثم سكر ريبى، ثم فوسفات. والرنا تلعب عدة أدوار مهمة فى عملية ترجمة المعلومات الجينية بالحامض الريبي منقوص الأكسجين (الدنا) إلى بروتينات.

وطراز واحد من الرنا يعمل كمرسال بين الدنا وبين البروتين كتركيب معقد يعرف بالريبى، كما أن تشكيلات حيوية أخرى من البروتين فى البناء الريبى تعمل كدور رئيسى وضرورى لجعل الأحماض الأمينية تستخدم على نحو صحيح فى تركيب البروتين وفى تحفيز الجينات بحيث تصبح نشطة.

- والرنا متشابهة جدًا مع الدنا، ولكنها تختلف عنها فى تفاصيل تركيبية مهمة، فالرنا عادة مكونة من شريط واحد بينما الدنا تتكون عادة من زوج من الأشرطة، ونيوكليدات الرنا تحتوى على الحامض الريبى بينما الدنا تحتوى على الحامض الريبى المنقوص الأكسجين (تتقصه ذرة أكسجين)، ومن ناحية أخرى تستخدم الرنا فى تركيبها يوراسيل النيوكليدات بدلاً من الثيامين الموجود فى الدنا. ولو أن الرنا منسوخة من الدنا بواسطة إنزيمات تسمى متبلمرات الرنا وبصفة عامة فثمة مزيد من العمليات بمعرفة إنزيمات أخرى بعضها توجه رنا غير مشفرة.

- يتركب الرنا كيميائياً من حامض ريبى متبلر يقوم على الفوسفات، ويمثل عموده الفقرى مع أربعة مختلفة من النيوكليدات القاعدية: الأدينين، الجوانين، والسيتوزين، واليوراسيل، ويلاحظ أن الثلاثة الأولى هى نفسها الموجودة فى الدنا، ولكن فى الرنا فقد حلّ اليوراسيل محل الثيامين وكقاعدة متممة للأدينين - كما أن هناك فى الرنا عديداً من القاعديات والسكر المعدّين لخدمة أدوار أخرى متعددة (ما يقرب من مائة نيوكليد متخصص، يحدث طبيعياً فى الرنا وليس بعد مفهومه تماماً).

• سالمونيللا Salmonella:

- هى نوع من أنواع الباكثيريا البروتينية، اكتسبت اسمها من عالم الباثولوجى (علم الأمراض ومسبباتها) الأمريكى والبيطرى وإخصائى التغذية دانييل إلمر

سالمون Daniel Elmer Salmon وإن كان زميله ومعاصره ثيوبالد سميث Theobald Smith قد سبقه في اكتشافها عام ١٨٨٥ في الخنازير.

• وهى عسوية الشكل تكاد تكون بلا وزن وتسبب حمى التيفويد والباراتيفويد كما أنها قابلة للحركة وتنتج كبريتيد الهيدروجين، كما يمكن عزلها فى سلاطين خاصة فى المعمل، ولأنها بسبب عدوى معوية، فلا بد من أن تكون هذه السلاطين معبأة بمواد وسيطة معينة ومختارة بعناية لأغراض الحماية من العدوى، ويعد عدداً منها بطيء الازدهار فى المعمل، وإن كان «البراز» يُعدّ مصدرًا لإثراء بيئة الباكثيريا، إذ يكون لها بمثابة حضانة لنضاعف أعدادها.

• السحابة «أورت» Oort Cloud:

• من المفترض والمسلم به أنها سحابة دائرية الشكل تتألف من جمع من المذنبات، وتقع بعيداً عن الشمس بما يوازي مائة مرة من بعد الكوكب أفلوطن Pluto (بلوتو اسم إله الموتى والجحيم عند الإغريق والرومان) عن الشمس أى حوالى سنة ضوئية واحدة تقريباً، والامتداد الخارجى للسحابة يتماس مع حواف أو حدود النظام الشمسى، ومع أنه لم تقع بعد ملاحظات تؤكد وجود السحابة، إلا أن الفلكيين يعتقدون أنها مصدر لكل المذنبات طويلة المدى أو تلك الشبيهة بمذنب هالى، والتي تعبر إلى داخل دائرة النظام الشمسى (بعض المذنبات قصيرة المدى، وطبقاً لمداراتها، ربما تأتي من حزام كويبر 'Kuiper belt').

• من المعتقد أيضاً أن هذه السحابة هى بقايا مستمرة حتى الآن منذ تشكيلات الكواكب الأولية من حيث الزمان والتي وُجدت حول الشمس منذ حوالى ٤,٦ بليون سنة مضت، وبما أن حافة السحابة الخارجية تعتبر غير محددة أو ذات وضع تداخلى مع حافة النظام الشمسى، فمن السهل إذن أن تتأثر بحركات النجوم العابرة أو أى قوى أخرى. ومن أكثر الفروض قبولاً بشأن أصل

السحابة هو أن محتوياتها تشكلت في البداية في مكان أكثر قرباً من الشمس كجزء من عملية تشكل الكواكب والكويكبات، ولكن تفاعلات الجاذبية مع الكواكب الغازية العملاقة كالمشتري (جوبيتر: كبير آلهة الرومان - وهو أكبر الكواكب السيارة والخامس في ترتيب بعده عن الشمس) قد أبعدتها إلى مدار شديد الأهليلجية (بيضى الشكل) أو القطعى الشكل، فضلاً عن زيادة طول المدار.

• السفينة «بيجل» HMS Beagle:

• وهي سفينة إنجليزية دشنت لأول مرة في ١١/٥/١٨٢٠ وخصصت للمهام العلمية والتبشيرية، وقامت بثلاث رحلات مهمة وطويلة ثم خرجت من الخدمة عام ١٨٤٥، ليتم تكسيروها وبيعها خردة في ١٨٧٠، وذلك كله فضلاً عن كونها سفينة حربية أساساً سلحت بعشرة مدافع، قلّصت إلى ستة مدافع فقط في رحلات المسح العلمي والذي ارتفعت معه حمولتها إلى ٢٤٢ طنّاً بعد أن كانت ٢٣٥ طنّاً فقط.

• في يوليو من ذات العام اشتركت في إستعراض عسكري ضمن إحتفالية تتويج الملك جورج الرابع، وباعتبارها أول مركب تبحر تحت كوبرى لندن الجديد.

• في مهمتها الأولى صاحبت سفينة أكبر منها (٣٨٠ طنّاً) لعمل مسح يتعلق بعلم وصف مياه البحار والأنهار hydrographic، أما رحلتها الثانية، فهي التي جلبت لها الشهرة باعتبارها أهم سفينة في التاريخ، ذلك أنه كان على متنها العالم الطبيعي الشاب - حينئذ - تشارلز داروين، والذي جلب معه معلومات ساهمت في تكوين نظريته عن النشوء والارتقاء والاختيار الطبيعي والتي أُعتبرت من الوقفات المفصلية في تاريخ العلم، كما أدت إلى تغيير جذري في وجهة نظر العلماء وسائر البشر تجاه الكون والحياة.

- أما الرحلة الثالثة فقد كانت تستهدف مسح أجزاء كبيرة من الشاطئ الأسترالى، وهى الرحلة التى بدأت فى ١٨٣٧ واكتملت المهمة فى ١٨٤٣.

• سلسلة جبال الفلندر **Flinders Ranges**:

- منطقة جبلية فى جنوب أستراليا تمتد لحوالى ٨٠٠ كيلومتر شمالاً من قرب منطقة كريستال بروك إلى نقطة بين منطقة **Marree** وبحيرة كالابونا **Callabonna** (جافة)، حيث تسقط إلى منطقة مراعى مسطحة، وبعد ذلك تمتد الأرض المرتفعة مرة أخرى إلى حتى نهاية السلسلة، وتصل الارتفاعات فى بعض النقاط إلى ٣٠٠٠ قدم، و ٣٨٢٥ قدماً فى بعضها الآخر.

- من بين ما حدث على الأرض فى الفترة البروتيرزنية **Proterozoic** منذ بليون إلى ٦٠٠ مليون سنة مضت ثمة بصمات موجودة حتى الآن تقريباً فى كل مكان ومن أشهرها منحدرات نشطة من رسوبيات متراكمة تشغل مسافة تتراوح بين ٤٠٠ و ٥٠٠ كيلومتر، كانت قد نشأت وصدعت فى بواكير العصر الباليوزونى **Paleozoic**، ولكنها عاودت التواجد بشكل متواتر منذ ذلك الحين. وعلى الجملة تعتبر سلسلة جبال الفلندر من أكثر ما تعرض للتآكل حتى إنها تنسم بالتلال والوديان ما بين الجروف شديدة التحدر.

• سَكْنَى الموتى أو «الجحيم» **Hades**:

- وتشارك هذه النظرة لما يسمى الجحيم أو جهنم كل من الرؤية الإغريقية والبوذية والصينية والهندية واليهودية والمسيحية والإسلامية بكلمات قد تختلف فى نطقها، كما سيلي بنفس الترتيب: "**Annwn**" و "**Diya**" و "**Dvat**" و "**Hades**" و "**Jahannam**" و "**Gehenna**" و "**Hell**".

- كما تتصل الكلمة إلى مفاهيم: «الشيطان» و«النار» و«الكبريت» و«عذاب جهنم» و«مشكلة جهنم» و«الظلام الخارجى» وكذا «غير المرئى» ربما فى اللغة الهند أوروبية.

- ومن ناحية أخرى بخلاف النظرة الاصطلاحية، فإن «هاديس» هو الإله الإغريقى لما تحت الأرض ومقر الموتى، وهو وأخواه زيوس "Zeus" و بوسيدون "Poseidon" هزموا القوم التيتانيين Titans وحكموا الكون: تحت الأرض والسماء والبحار.
- والكلمة تشير دائماً إلى مغزى مروع، وأحياناً ما تعنى فى المسيحية «سكنى الموتى» الذين ينتظرون فيه يوم الدينونة للحساب، إما لسلام الأبدية أو التعذيب.
- أنظر أيضاً الشروح الواردة فى هذا الموقف لمصطلح «جهنم».
- سيتوكروم س. «Cytochrome C» :
- واحد من الأصبغة الحيوية الواسعة الانتشار فى الأنسجة الحيوانية والنباتية التى تلعب دوراً مهماً فى إحداث الأكسدة oxidase ونقل الأليكترونات.
- وهو إنزيم يتكون من جزيئات معزولة (أحادية) أو كوحداث ثانوية ضمن إنزيم أكبر وأكثر تعقيداً والذى يحدث على التفاعل الكيميائى المحتوى على الإنقاص reduction والأكسدة oxidation معاً، وذلك داخل أغشية الميتوكوندريات وداخل الشبكات النسيجية فى البلازما. ولكن فقط فى الأنواع المنتمية لجنس الإيكاريوت وفى الجزء المخضّر المائل للصفرة فى النبات المفققد لعناصر تغذيته)، وفى الأنظمة الميكروية من العضويات المعتمدة على التمثيل الضوئى، وفى الباكثيريا.
- وهو يتكون من مجموعات A, B, D، ولا توجد مجموعة E، وإنما توجد فيه مجموعة F، التى تعتبر طرازاً من المجموعة C، والمجموعات الثلاث الأولى تنتمى إلى الجزء الحديدى من البروتوبورفيرين، وهو القسم الخالى من البروتين والمسئول عن إعطاء الهيموجلوبين لونه، كما يقوم بنقل جزيئات الأكسجين، أما النوع C فتحدد وظيفته فى النقطة الأولى المشار إليها عاليه،

باعتباره آخر بروتين فى سلسلة نقل الإليكترونات، حيث يستقبل إليكترونا واحداً من جزيئات السيٲوكروم س. الأربعة وينقلها إلى حالة جزىء أكسجين، محيلاً له إلى جزيئى مياه.

• السيلان (مرض جنسى) Gonorrhea:

• وهو واحد من أكثر الأمراض انتقالاً من فرد لآخر فى العالم، ويرجع اسمه إلى لفظة إغريقية تعنى حرفياً: فيضان البنور حيث كان من المعتقد وقتئذ - على سبيل الخطأ - أنه يرجع إلى مرض معين فى السائل المنوى.

• الباكٲيريا المسببة له تسمى: *Neiseria gonorrhea* وهى بلا وزن تقريباً، والذى يحدث ألماً فى أغشية مجرى البول والقنوات القريبة من المستقيم وذلك فى الرجل، أما المرأة فيصاب الجزء الخارجى للعضو الجنسى، كما الجزء الداخلى منه إلى حتى عنق الرحم، وتأتى العدوى من قيام موقعة بين طرفين، أحدهما مصاب، كما ينتقل المرض إلى الأجنة لدى الأمهات المصابات.

• للمرض أعراض عديدة ظاهرة وأصبح مسيطراً عليه طبياً.

• سيف داموكليس Sword of Damocles:

• ويعبر ذلك عن نادرة أخلاقية من بين الأساطير التى أضافت للثقافة الإغريقية، وبالذات فى مؤلف «التاريخ المفقود لسيسليا» *Ciscily*، والذى وضعه تيمائوس من تورومنيوم "*Timaeus of Touromenium*" (٣٥٦-٢٦٠ قبل الميلاد)، كما استعان بها شيشرون *Cicero* فى إحدى كتاباته.

• كان داموكليس أحد المتملقين الكبار فى حاشية ديونيسوس الأول *Dionysius* فى القرن الرابع قبل الميلاد طاغية سيركوزا *Syracuse*، بإيطاليا وكان محظوظاً نافذ القوة والسلطة، والذى أعلن بقوة عن رغبته فى أن يحل أحدهم محله فى السلطة ليوم واحد، وفى المساء أقام مأدبة كبيرة ولكن قبل بداية

المرح والابتهاج أمر الطاغية بأن يعلق سيفاً بواسطة شعرة واحدة من ذيل الحصان مباشرة فوق رأس داموكليس المختار لأداء هذه اللعبة، والذي كان فى الوقت نفسه متعطشاً، لأن يكون حاكماً، ولكنه سرعان ما امتشق السيف، وقد شهيته للطعام والأطفال راتعى الجمال المنتشرين حول المأدبة، وأمر الطاغية بأن يغادر، حيث لم يعد بعد محظوظاً ولا حاكماً.

- وعلى ذلك فإن الحكاية تتضمن تلميحاً أو كناية نلخص الخطر الوشيك الحدوث الذى يواجه قوى المكانة والقوة. وبشكل أكثر عمومية نستخدم الحكاية للإشارة إلى الموقف المشكوك فيه ومن ثم الحس بالندير أو الهاجس الذى يدمر، بصفة خاصة، هؤلاء المعتمدين فى حياتهم على لحظة رقيقة من الحظ، والأكثر من ذلك أنه يمكن النظر إلى الحكاية كدرس على أهمية فهم خبرة الآخرين.

• شهود يهوه Jehovah's Witnesses:

- وهم أعضاء حركة مسيحية جديدة فى الديانة المسيحية ويحملون نفس هذا الاسم، ويؤمن المشايخ لهذه الحركة أنهم يحيون مسيحية القرن الأول، وبأنهم بذلك يستجيبون لما يرونه من فساد وتحاللات فى التيار الرئيسى للمسيحية. وعلى ذلك هم يناقشون موضوعات مثل «الثالوث المقدس» (الأب والابن والروح القدس)، و«نار جهنم»، و«خلود الروح»، وكذا التقسيم الحادث بين رجال الدين وجمهور المؤمنين، باعتباره إضافة غير منطقية لتعاليم المسيحية الأصلية.

- والاسم مبنى على نص فى الكتاب المقدس، وتم تبنّيه على هذا النحو عام ١٩٣١، كما أصبحوا ينتفعون بوجود جماعة المراقبين « Watchtower Society » وفرعها فى نيويورك باعتبارهما شرعيتين وظلوا ينشرون المواد الدينية الوعظية وكراسات التبشير منذ القرن الـ ١٩، وقد وصل تابعو الحركة حتى أغسطس ٢٠٠٦ إلى ٦,٧ مليون عضو.

- من تعاليمهم الأساسية استخدام اسم يهوه للرب ونشره بين الناس باعتبار أن ذلك يعظم مقامه الرفيع، وأن موت المسيح كان ضروريًا للتكفير عن الآثام التي أتى بها آدم للأرض وهو ما يفتح الأمل للبشرية للحياة الأبدية للروح، وأن ١٤٤,٠٠٠ فرد قد تلقوا الحياة الأبدية على يد المسيح لمساعدته في تسيير الأمور خلال الألفية التي سيجيء فيها، ويؤمنون كذلك بأنه خلال معركة «أرماجيدون» Armageddon الوشيكة الوقوع، سوف يتم تدمير الأشرار، وأن الناجين من المعركة هم وغيرهم من ملايين البشر سوف يبعثون للحياة في مجتمع أرضي جديد، تحكمه سلطات سماوية وثمة إمكانية إذن للحياة بشكل أبدي في جنة أرضية.

- وتتجذر المسألة في الحركة المعروفة باسم «تلامذة الكتاب المقدس» Bible students، التي سبق أن تأسست في أخريات سبعينيات القرن الـ ١٨، بمعرفة تشارلز تاز رسل Charles Taze Russell، وبعد موت الأخير تفرق أتباعه في جماعات متشظية، وهؤلاء الذين شايعوا «جماعة المراقبة» غيروا التسمية المشار إليها إلى شهود يهوه المستخدم حتى اليوم، بينما بعض الحركات المتشظية تلك احتفظت باسم «تلامذة الكتاب المقدس» ولا يزال يوجد القليل منهم حتى اليوم.

• الصحراء الرملية الكبرى Great Sandy Desert:

- وتغطي مساحة قدرها ٣٦٠,٠٠٠ كيلومتر مربع، ممتدة في الشمال الغربي لأستراليا، وهي بهذا القدر تعتبر جزءًا من صحراء أكبر تعرف باسم: الصحراء الغربية، وهذه المساحة الواسعة من غرب أستراليا لا يقطنها سكان إلا على نحو نادر ولا توجد بها إقامات مستمرة ذات معنى.

- مستوى الأمطار هناك منخفض على الشواطئ في الشمال، وتعتبر بشكل عام متناثرة في مناطق متفرقة، بل وهناك سنوات كاملة من الجذب والقحط غالبًا

ما تنتهى بالرياح الموسمية والأعاصير الإستوائية أو المدارية الحلزونية. كما أن أيام الصيف الحارة تعتبر من أكثرها حرارة فى أستراليا بأسرها. حتى إن بعض الناس تلقى حتفها عندما تتعطل سياراتهم فى الطرق البعيدة.

- وثمة أنشطة اقتصادية صغيرة فى مثل هذه الظروف، من أهمها عمليات التعدين والمناجم الخاصة بالذهب والنحاس والتي أكتشفت لأول مرة فى سبعينيات القرن الماضى.
- والطبيعة النباتية هناك، يغلب عليها الطراز الشوكى، أما الحيوانات فهى ضارية كالجمال والكلاب الأسترالية وبعض السحالي والطيور.
- طريقة كيريليان فى التصوير الفوتوغرافى

Kirlian Photography

- ويقصد بها الأسلوب الذى اكتشفه بالمصادفة سيمون كيريليان Semmyon Kirlian عام ١٩٣٩، حيث وجد أنه لو أن شيئاً ما موضوعاً على لوحة التصوير الفوتوغرافى وتم توصيلها بمصدر كهربى له فولت، وتكرر عالى الدرجة، فسوف تتشكل ما يشبه الهالة حول هذا الشيء بسبب المجال الكهربى القوى حول حواف أو تخوم الشيء ومنشئة صورة له على اللوحة.
- وهذه الطريقة تختلف تماماً عما يسمى أورافوتوغرافيا "Aura Photography"، التى تظهر فيه صورة ملونة لوجه الشخص (ما فوق بدنه) باستخدام أساليب متنوعة من الاسترجاعات البيولوجية. وبسبب شيوع اسم طريقة كيريليان فقد جرت العادة على إطلاق الاسم على كليهما بالرغم من اختلاف التقنية فى كل منهما، وبما يؤدى إلى الارتباك أو الاضطراب لدى غير العارفين.

- ومنذ ذلك الحين، تمت اكتشافات منفردة على نفس النغمة والتي سميت «التصوير الكهربائي»، فقد عُرف تصوير الوثائق «زيروجرافيك» Xerographic عام ١٧٧٧ بمعرفة جورج كريستوف ليختنبرج Georg Christoph Lichtenberg، وهذا قبل كيريليان ثم بعده في أواخر القرن ١٩ وبدايات القرن الـ ٢٠، ومع ذلك فقد ظلت «طريقة كيريليان» هي المتداولة.

- وعلى المستوى الميتافيزيقي فقد ادعى كيريليان، بأن طريقته تلك والمنشئة لما اسماء «طاقة كيريليان» تثبت وجود الهالات «auras» الفروق الطبيعية التي قيل بأنها تشبه الخطوط الخارجية للشيء مثل الهالة الملونة، وهو ما كان محلاً للجدل والخلاف، وقد أجريت تجربة متقدمة في ذلك على ورقة شجر منتقاة لبحث هذه الطاقة المدعاة، وقيل إن المسألة أقرب علمياً بأنه عندما تفقد الورقة، الرطوبة فيها فإنها تكون أضعف في توصيلها الكهربى، مما يسبب ضعفاً تدريجياً في المجال الكهربى الناشئ عند الحروف الجافة للورقة.

• عاشقات التطرف Extremophile:

- وهو نوع من الكائنات الحية المجهرية الحجم، أغلبها ميكروبات تنتمي لأسرة نوع «الأرشيا» ومعها البعض من نوع الباكثيريا، والتي يزدهر نماؤها وتكاثرها بقوة في ظل ظروف غاية في التطرف سواء احتاجت في هذا النماء لمصادر فيزيائية أو كيميا أرضية، وسميت بهذه الكنية لتضم أنواعها المتنوعة والمتجددة في نفس السلسلة، فمنها من يحيا في الأجواء البالغة الحرارة، ومنها من يعيش فقط في درجات حرارة متوسطة، إلى جانب من يعيش في ظل حرارة منخفضة الدرجة، وهي تحيا في مواطن داخل الصخور الحارة في باطن الأرض أو بالقرب من فوهات البراكين في قيعان البحار والمحيطات.

- وهى متعددة الأنواع حتى فى المعروف منها حتى الآن، فمنها مثلاً الـ **hyperthermophiles** ودرجة الحرارة التى تستلزمها ٦٠ - ٨٠ درجة مئوية وقد تصل إلى ١٢١ درجة مئوية، وكان أول إكتشاف لها فى ستينيات القرن الماضى ومنذ ذلك الحين تم إكتشاف أكثر من ٥٠ نوعاً، منها العائش فى جو حمضى بالكامل أو قلوئى بالكامل أو وسط شديد الملوحة أو الذى يتغذى على النحاس أو الحديد أو الزرنيخ ونوع ذاتى التغذية وهكذا.

- وإذا جئنا للفرع من العلوم المسمى **Astrobiology** (البيولوجيا الفلكية) وهو العلم الذى يهتم ببناء نظريات حول توزيعات الحياة الطبيعية والمستقبلية فى الكون، ويتعاون فى هذا العلم المكتشفون ومتخصصو الميكروبيية البيئية والفلكيون وعلماء الكواكب وإخصائيو الطبقات الأرضية، وحتى الفلاسفة ومن هنا انصب الاهتمام على هذا النوع من العضويات التى يمكنها أن تزدهر فى ظروف تشبه الأجواء التى تُعرف حتى الآن على كواكب أخرى (على سبيل المثال: المريخ و «أوروبا» قمر كوكب زحل).

• العشوائية أو العشوائية (Stochasticity (random):

- ثمة ما يعرف بـ: «التكون التشكلى» والذى يعنى نوعاً من هندسة البناء أو النمو، أى كل العمليات التى تأخذ فيها أجزاء أى نظام متنام شكلها النهائى وتشغل به حيزاً لها فى الفراغ، وهو ما ينطبق على النظم الحية (حيوان أو نبات) فى كل مستويات حجمها ابتداء من بدن القيل مثلاً إلى أصغر خلية، كما ينطبق أيضاً على حركات القوى الفيزيائية.

- وكثير من هذه العمليات لا تظهر منها إشارات واضحة، أين تكمن مختلف العناصر التى ستصبح الشكل المحدد (كالعين مثلاً) إلا بعد ظهورها بالفعل، ولم ينجح العلماء بعد فى تحديدها، وإن كانوا آخذين بجدية فى البحث.

- ومن أقدم المقترحات في ذلك أن ثمة منطقة في مجال التشكل، تكون هي الغالبة ويفترض أن لها تركيزاً مرتفعاً من عنصر أو نشاط يتحقق بطريقة متدرجة في هذا المجال عن طريق ما يعرف بدرجة الميل.

- وهناك اقتراح آخر، يعتبر أنه مادامت الخلايا بالنسبة لنظامها الحاكم تتصف بالسلب، فيما يتعلق بالمعلومات الاسترجاعية، فإن سلوكها يميل للتأرجح، ومن المتوقع أن تكون خاضعة لنمذجة موحدة، إلا أن من بينها عناصر تنتثر أو تريق جسيمات قادرة على التأثير على الخلايا المجاورة، ومن السهل تخيل إمكانية تموضعها في مناطق ذات ساعات معينة من خلال قوافل من موجات تشع أساساً في كل اتجاه من تلك العناصر إلى هذه المناطق، وهذه أطلق عليها مصطلح "Stochasticity".

ملحوظة: ما تم تحريره هنا يخص الخلايا، ولكن كلمة عشوائية random أعم من ذلك بكثير - والشئ نفسه بالنسبة لكلمة Stochasticity.

- الفايكنج (غزاة الشمال) Viking:

- والكلمة الإنجليزية (وهي مفردة) تشير بصفة عامة إلى واحد من أولئك الإسكندنافيين العاملون بالبحر في التجارة والحرب (الغزو خصوصاً) والقرصنة أو قاطنى بلادفيك Vik (أصل موطنهم). والذين أغاروا واستعمروا مساحات عريضة من أوروبا منذ أخريات القرن الثامن إلى القرن الحادي عشر. هؤلاء الشماليون استخدموا سفنهم المشهورة بطولها الذي لم يكن مألوفاً آنذاك في الإبحال إلى الشرق البعيد حتى نهر الفولجا في روسيا، وإلى أقصى الغرب حتى نيوفوندلاند، وفي التاريخ الإسكندنافي يشار إلى تلك الفترة الممتدة بعصر غزاة الشمال.

- فوهة بركان جوزيف Gusev Crater:

- وهو بركان فوق كوكب المريخ، ويصل مقياسه إلى ١٧٠ كيلومتراً، وكان قد تشكل منذ ثلاثة إلى أربعة بلايين سنة مضت، وتمت تسميته كذلك نسبة للفلكي الروسي ماتفي جوزيف Matvei Gusev (١٨٢٦-١٨٦٦).

- ثمة نوع من نظم القنوات يسمى «ماديم فاليس» Ma'adim Vallis (فى المريخ)، ربما نزع مياهها سائلة أو ثلوجًا فى وقت ما ونقطة ما من التاريخ المريخى. باعتبار أن تلك الفوهة تبدو كموطن سابق لبحيرة مليئة بالرواسب، التى تصل ثخانتها إلى ٣٠٠ قدم، وأن المتحصل فى النهاية لا يبدى سوى طبقات ضئيلة، كما يعتقد بعض الباحثين أن تشكل الأرضى فى الصور المرسلّة من المهام الفضائية فى هذا المجال تقترح أن المياه ربما بقيت هناك لمدة طويلة، بينما البعض الآخر يرى أن الصور المرئية لفوهة ماديم فاليس، والمؤدية لدخول فوهة جوزيف تشبه بعض تشكيلات أرضية لدلتا الأنهار، والدلتا من هذه الطبيعة ربما يستغرق تشكيلها عشرات أو مئات الآلاف من السنين، ويقترحون بذلك أن المياه المشار إليها فى المريخ، ربما بقيت أمّاذا طويلة.

- أما الصور المرسلّة من مركبات الفضاء المرسلّة من الأرض لتتور فى مدار المريخ بغرض استكشافه، فهى تشير إلى أنه ربما كانت هناك مياه فى إحدى المرات مشكلة بحيرة كبيرة بالقرب من مصدر ماديم فاليس، والتى ربما كانت قد أمدت هذا المصدر بالمياه اللازمة، وليس معروفًا بعد، هل كانت هذه المياه بطيئة ومستمرة أو كانت مقطّعة ومتشكّلة أو إنفجارية، أو ربما كانت جمعًا بين هذين النموذجين؟

- وقد كانت تلك الفوهة تحديدًا مقرًا لهبوط إحدى المهام الفضائية الاستكشافية لسطح المريخ، إلا أنها لم تصل للهدف المطلوب بالدقة المأمولة.

- الكائنات الحية العائشة بين المسام الصخرية (Cryptoendolith (Endolith):

- وهى كائنات عضوية (من أنواع الأرشيا والباكتيريا والفطريات)، والتى عادة ما تعيش داخل الصخور وقواقع أو صدفات الحيوانات المرجانية اللون (القرنفلى الغامق) أو بين مسام البثور المعدنية. وأغلبيتها من النوع المتطرف

الذى يحيا فى أماكن، كان يظن قِلاً أنها غير آهلة بالأحياء وهى بالتالى محل اهتمام بالغ من علماء الحياة الفلكية (الفضائية) astrobiologists، والذين يرون (نظرياً) أن مثل هذه البيئات على سطح المريخ ربما كانت ملاذاً ممكنًا للمجتمعات الميكروبية خارج نطاق الأرض.

- وقد عثر على هذه الكائنات بين الصخور على عمق ثلاثة كيلومترات (ومن غير المعروف أن هذا العمق هو نهاية المطاف بالنظر إلى تكاليف الحفر الأعماق)، والتهديد الأساسى يتمثل فى وجود هذه الكائنات فى حالة ازدهار وتكاثر ودرجات حرارة متطرفة فى أعماق المحيطات، ومتطرفة البرودة بقارة أنتراكتيكا.

• كارما Karma:

- والكلمة تعنى: «العمل، الحركة، الأداء» بمعنى أن أى عمل أو تصرف شائن فى الديانة الهندية يدل على الدائرة الكاملة للسبب والنتيجة، وذلك فى كل من فلسفات الهندو والسيخ والبوذية واليان. ويختلف تفسير الكارما طبقاً للتقاليد الموجودة فى البيئة التى تمارس فيها، وإن كانت تشير فى العادة إلى مجموع ما يفعله الفرد. وهى غير مهتمة بالجزاء: مكافأة أو عقوبة ولا بالانتقام، وإنما ببساطة هى معنية بما يكون بالفعل، فكل تأثيرات الأعمال السيئة والتى تصنع الماضى والحاضر والمستقبل بكل تجاربه بما يؤدى إلى مسئولية الفرد عن حياته والسعادة والألم اللذين سببهما للآخرين - وبالنسبة للمؤمنين بالتناسخ فى الأرواح فإن الكارما تمتد فى حياة المرء الحالية، وكل الماضى والمستقبل بحيواته فيهما، فهى إذن نوع من التراكم أو التجميع.

- هذا ويعتبر «قانون الكارما» شيئاً مركزياً فى الديانة الهندية، فكل الكائنات الحية مسئولة عن كارماها (أعمالهم وأثار هذه الأعمال)، ويمكن تعقب المصطلح فى «الأوبانيشادا» القديمة.

- وجدير بالذكر أن التقاليد المسيحية المحصورة على فئة قليلة من الناس من كبار رجال الدين وبعض المدارس المسيحية الخاصة يعالجون هذه المسألة تحت عنوان: «قانون السبب ونتائجه» حيث إن روح تعليم المسيحية يتمحور حول أن قانون الخطيئة والموت ربما يتم تجاوزه من خلال «الحب» الذي يحفظ الأبدية.

- الكمال الأول (الموجود المتحقق بالفعل: عند أرسطو) Entelechy:

- وهو مفهوم فلسفى صكه أرسطو ويتجزر من تجميع كلمات إغريقية هى: enteles (كامل) و telas (نهاية، غرض أو هدف، إنمام) و echein (يمتلك) وهو ما يعنى فى اللغة الإنجليزية إلى ما يترجم إلى: (امتلاكه النهاية فى ذاته) وكان يعنى لدى أرسطو حالة خاصة من الوجود، يعمل فيها الشيء بهمة على أن يصبح ذاته والتي يمكن أن تقاس بكلمة «النشط».

- وفى بعض الأنساق الفلسفية تعنى الدفع الذاتى لأن يصبح المرء ذاته كامل التحقق، وهى فكرة مركزية فى فكر ليبنيز Leibniz وموناداته: فكل نفس واعية هى مونادا مستقلة تمامًا عن كل شيء وعن الاتصال بأى مونادا أخرى إلا من خلال القوة الإلهية.

- وعلى المستوى البيولوجى عزاها هانز دريش "Hans Driesch" إلى «الحيوية» بمعنى أن كل شيء حى يتحرك بواسطة هذه «الحيوية»، وهى بمفهومه ذلك تعادل «الأنا» "Id" عند فرويد و "élan vital" بالفرنسية، ونشئ chi فى الصين وبراننا prana الهندية أو ما اسماه ويلهلم ريخ "Wilhelm Reich" بالطاقة الأورجونية "orgone energy"، وبذلك كان ويلهلم أول من ذهب بالمصطلح إلى ما وراء التتظير من خلال بناء مميزات قابلة للتراكم مباشرة، وتصبح لها تطبيقات عملية فى الكائن البشرى وفى الجو، كما إدعى وارثو نظريته بأن مثل هذه

الميزات تمثل الطاقة الرئيسية للفرد وللكون نفسيًا وفسيولوجيًا، وأن ركود التراكم الذى قال به ويلهم يؤدي إلى اللا نظام، ولكن مثل هذه الدعاوى يصعب إخضاعها للاختبار العلمى الصارم وهى أيضًا تتناقض مع **entelechy** التى قصدها أرسطو، وإنما تتفق مع ما عناه بـ «الحيوية».

• ومما يذكر أن هيجل قد أشار إلى المصطلح فى فلسفته المسماة بالظاهراتية.

• كمبرلى **Kimberley**:

• هى واحدة من المناطق التسع التى تنقسم إليها أستراليا الغربية ويحدها من الغرب المحيط الهندى، ومن الشمال بحر تيمور **Timor Sea**، ومن الجنوب صحراء تونامى والرمليّة الكبرى **Great Sandy and Tunami Deserts**، ومن الشرق الأراضى الشماليّة - وهى تغطى مساحة تبلغ ٤٢٥ ألف كيلومتر مربع، وهو ما يعادل ثلاثة أمثال مساحة إنجلترا، أو يتطابق تقريبًا مع مساحة ولاية كاليفورنيا الأمريكية - ويبلغ عدد نسماتها ٤٨ ألف نسمة يتزايدون بمعدل ٤,٨٪ سنويًا يتوزعون على مدن بروم **Broome**، ودرى **Derby**، وكونونورا **Kununurra**، وحوالى ٣٪ من الجميع ينحدرون من أصول أبورجينية.

• تتميز بأجواء إستوائية وبوفرة الرياح الموسمية، وخلال الفترة الرطبة من نوفمبر إلى أبريل تتلقى المنطقة حوالى ٩٠٪ من أمطارها السنوية، ومن المعتاد فيها الأعاصير الحلزونية أو الزوابع، خاصة حول بلدة بروم، وفى الفترة الجافة من مايو إلى أكتوبر تهب نسمات جنوبية شرقية مع نهارات مشمسة وليال باردة نسبيًا.

• تكونت فيها الحفود البحرية الكثيرة منذ العصر الديفونى **Devonian** ولم تزل منظورة حتى اليوم - ويقوم اقتصاد المنطقة على ازدهار مزارع اللؤلؤ من

أنواع معينة، فضلاً عن إيجار المراعى وبعض الزراعات فى المناطق المؤهلة بنظم الرى إلى جوار الأنهار، وبالإضافة إلى ذلك فهناك حقول للبترول وتوقعات بحقول الغاز إلى جانب التعدين العادى بمناجم الزنك والرصاص.

• ماربل بار Marble Bar:

• مدينة صخرية التكوين فى الشمال الغربى لأستراليا أعلنت رسمياً عام ١٨٩٣ بعد اكتشاف الذهب فى المنطقة عام ١٨٩٠، وجاء اسمها من وجود قضيب من حجر كريم ضارب للسواد (اليشب) بالقرب منها وكان معروفاً بنفس الاسم، والذى يمر بمجرى نهر كونجان Coongan.

• ومن المعتقد أنها أكثر أماكن الأرض ارتفاعاً فى الحرارة (جاء ذكر ذلك بالتفصيل خلال التعريف بمنطقة «بلبارا»، وعلى غير المواقع سيئة السمعة مثل وادى الموت Death Valleg بالولايات المتحدة، فليست لها، طوبوغرافياً، ملحوظة يمكن أن تؤدى إلى هذا الشذوذ الحرارى، كما فى وادى الموت أو بعض مناطق الشرق الأوسط.

• ويقع بالقرب منها منطقة تعرف بالقطب الشمالى (غير القطب الشمالى للأرض) لا شك فى ارتفاع درجة حرارتها، وتعد موقعا لتشكلات صخرية، والتي أُعتبرت لفترة على أن بها دلائل على توارىخ الحياة على الأرض منذ عدة ملايين مضت من السنين.

• المبدأ الأنثروبولوجى Anthropoc Principle:

• تتحدر الكلمة من الأصل اليونانى anthropos، وتعنى الإنسان ومن الأصل morphe وتعنى "شكل"، وقد تأسست الأنثروبولوجيا من العلم الذى يتركز على الإنسان من حيث أصوله وتنوعاته الثقافية والشكلية واللونية... إلخ. وكذا تنوع أنشطته.

- وأخذ هذا العلم يتطور على يد كثرة من العلماء من أبرزهم دارون ومندل ولامبروزو. وأخيرًا جنحت الفيزياء إلى إمداده بمقاييس معيارية، أفاد منها كثيرًا، وهكذا أصبح شائعًا الحديث عن المبدأ الأنثروبولوجي وعما يسمى **anthroposphere** أى عالم الأحياء الذى يحكمه ويسيطر عليه الإنسان، وأيضًا ما يعرف **anthropomorphism** ومثلها ما يعرف فى التراث الإسلامى عند فرق «المشبهة» بقولهم بتشبيهات إنسانية لله مثل «يد الله» وعين الله... إلخ.

• المذهب الذرى Atomism:

- وهى النظرية التى ترى أن كل الأشياء فى الكون مؤلفة من أشياء صغيرة للغاية (ذرات) غير قابلة للتجزئة إلى ما هو أصغر منها، وبذلك تمثل لبنات بناء جميع الأشياء: وبمعنى أن الحقيقة بأكملها تعتمد على هذه الذرات غير المنقسمة. وينحدر المصطلح من الكلمة الإغريقية **otomos** بمعنى غير القابل للقطع إلى أجزاء أصغر منه، ويشير المعنى عند هؤلاء القدامى إلى أنها غير مرئية أيضًا.

- وأهمية هذا المفهوم الفلسفى جاءت من أن الفيزيائيين والكيميائيين من القرن الـ ١٩ كانوا يظنون أن الذرات هى التى لا يمكن تجزئتها أو غير القابلة للقطع، كما عند الأولين، إلا أن المفهوم تغير على نحو دراماتيكي فى القرن العشرين والذى كشف عن أن هذه الذرات تتألف مما هو أصغر منها كالأليكترونات والنيوترونات والبروتونات كما كشفت تجارب أحدث على أن البروتونات بدورها تتألف من عناصر أساسية باسم «القواركات» **quarks**. وهذه التقسيمات أدت إلى ظهور التساؤل: هل المادة تنقسم إلى ما لا نهاية؟ ما دام غياب الدليل لا يعنى الدليل على الغياب.

- تجب هنا الإشارة إلى أن ثمة فرقاً بين الذرات فى العلوم الفيزيائية والذرات فى الفلسفة، والتي تعنى دائماً المذهب الذرى عند بزوغه لدى الإغريق، حين اعتقدوا أن لبنات بناء الحقيقة والتي أساساً تعتبر بناء أى شىء موجود هى رفيعة بدرجة لا تكاد تصدق، لدرجة أنها لا تحوز وجوداً فيزيائياً ولا يمكن فلقتها أو تخزينها أو قطعها مثل «النقطة» أى لا حجم لها أو أنها رفيعة للغاية، كذلك كان الشأن عند الإغريق وعند البوذية الهندية. وأدى هذا التقليد إلى وضعية تقول بأن الذرات وحدها هى التى تحوز صفة الوجود والآ شىء فى الموجودات مؤلف أو مركب من أشياء أخرى وهو ما يعنى أن الأجسام البشرية والسحب والكواكب أو أى شىء آخر فليس لهم وجود، وقد ناقش هذا ديموقريطس وهوبز، بل حتى كانت (هناك جدل حول ما إذا كان نزيهاً أم لا) فيما يعرف بالعدمية الميتافيزيقية، وآخرين غيرهم، إلا أن الأمر لم يعد كذلك فى الفلسفة المعاصرة لأن أغلب الفلاسفة المعاصرين لم يعودوا قابلين لمناقشة أن الذرات وحدها هى الموجودة.

• مجرة (المرأة المسلسلة) أندروميذا Andromida Galaxy:

- وهى تعرف أيضاً إضافة إلى هذه التسمية بـ: Messier 31، أو اختصاراً M31 (ويرجع أصل الاسم لأميرة حبشية تم تقييدها بالسلاسل على جرف عال، لكى يلتهمها غول، إلا أن بيرسيوس أنقذها وتزوجها - وهذا فى الميثولوجيا الإغريقية).
- وتعتبر هذه المجرة M31 هى أكبر مجرة مغزلية الحركة فى المجموعة المحلية Local Group، التى تشمل على أندروميذا ودرب التبانة Milky Way والمجرة الثلاثية Triangulum Galaxy، وهى أيضاً أقرب المجرات لمجرتنا (التبانة) بمسافة تقدر بحوالى ٢,٥ مليون سنة ضوئية. ولو أنها الأكبر، فربما لا تكون الأضخم، لأن درب التبانة يحتوى على مادة معتمة أو مظلمة أكثر ولذلك قد تكون الأكثر ضخامة فى المجموعة.

- ومع ذلك تشير الملاحظات التلسكوبية وأيضاً القادمة من أقمار الملاحظة الصناعية إلى أن مجرة M31 تشتمل على تريليون (١٠^{١٢}) نجم، وفي تقديرات عام ٢٠٠٦ أن كتلة درب التبانة تمثل ما يقرب من ٨٠٪ من كتلة أندرويدا.

- وتقرب أندرويدا من الشمس بسرعة ٣٠٠ كيلومتراً في الثانية، وبالنظر لحركة المجموعة الشمسية داخل درب التبانة (الطريق اللبنى). فإن المرء يجد أن مجرة M31 ومجرة التبانة تقترب كل منهما إلى الأخرى بسرعة تتراوح بين ١٠٠ و١٤٠ كيلومتراً في الثانية، ومع ذلك، فإن هذا لا يعنى أنهما بالتأكيد سيتصادمان ما دامت سرعة التماس بينهما أو الانحراف العرضى تظل مجهولة لنا، وإذا كانا على مجرى التصادم فالمتوقع أن يحدث ذلك فى مدى حول ٣٠٠ بليون سنة. وفى هذه الحالة فإنهما سيندمجان ليشكلا مجرة عملاقة إهليلجية أو ببيضاوية الشكل. ومثل هذه الحوادث تعتبر مألوفة بين المجموعات المجريّة.

• مركبة الفضاء أبوللو Appollo Space-craft :

- وهى مركبة صُمِّمت كجزء من برنامج «أبوللو» (إله الشعر والموسيقى والجمال الرجولى عند الإغريق) الذى أعدته الولايات المتحدة الأمريكية فى بواكير ستينيات القرن الماضى بغرض إنزال رجال على سطح القمر والعودة بهم سالمين بما لا يتجاوز عام ١٩٧٠. والمركبة تم تصميمها من عدة وحدات أو مراحل تعمل جميعاً معاً لتحقيق تلك المهمة، وهى (من القمة للقاعدة) نظام الانطلاق الذى سيهرب من جاذبية الأرض، ثم المركبة الرئيسية، ومركبة الخدمات، ثم المركبة القمرية ومركبة الوصلة بينها وبين باقى الأجزاء، وكل هذه الأجزاء سوف تكون على قمة الجزء الخاص بمعدات الإطلاق.

• المعبر الجنوبي (The Southern Cross (Crux):

• ويسمى كذلك فى مقابل المعبر الشمالى وهو من أصغر المجموعات الكوكبية الثمانى والثمانين الحديثة، ولكنه من أكثرها تميزاً، فهو محاط فى ثلاثة من جوانبه بمجموعة القنطورس "Centourus"، ومن جانبه الرابع يقع الكوكب الطائر (Fly Musca).

• وقد ظن الإغريق القدماء أنها من بين مجموعة القنطورس تلك ولكن تم تحديده كمجموعة نجمية مستقلة فى القرن الـ ١٦، بعد رحلة أمريجو فسبوتشى Amerigo Vespucci إلى جنوب أمريكا عام ١٥٠١، والذى رسم خريطة لنجمين: قنطورس ألفا وقنطورس بيتا مثلهم مثل مجموعة المعبر الجنوبى، ولو أن تلك النجوم كانت معروفة لدى الإغريق القدماء، فإن أيام الاعتدال الربيعى (الذى يتساوى فيها الليل مع النهار) قد تسببت فى جعلها أخفض من خط السماء الجنوبى، وعليه فقد تم إهمالها هناك.

• ومع افتقاد نجمه قطبية لها أهمية فى السماء الجنوبية (النجمة سيجما أوكتانتيس Sigma Octantis قريبة من القطب، ولكنها خافية لدرجة لا تصلح معها للغرض المطلوب)، فإن النجمين ألفا وبيتا، من مجموعة المعبر الجنوبى عادة ما يستخدمان كعلامة للجنوب، ويتتبع خط بين النجمين يقدر بحوالى ٤,٥ مرة من المسافة بينهما سيؤدى إلى نقطة قريبة من القطب السماوى الجنوبى.

• ومن الأجسام بالغة العمق فى السماء مع المعبر الجنوبى هناك العنقود القولزاق The Coalsack Nebula، والذى يمكن ملاحظته بالعين المجرد كشريحة معتمة فى جنوب درب التبانة، وأيضاً هناك العنقود المفتوح Open cluster، والذى يكنى اختصاراً: NGC4700 فى التصنيف النجمى والذى يقع على بعد ٧,٥٠٠ سنة ضوئية، ويشتمل على ما يقرب من مائة نجم، تنتشر فى مساحة تقدر بحوالى ٢٠ سنة ضوئية مربعة.

• «مستكشف المريخ» Mars Pathfinder:

• وهو اسم للرحلة الفضائية التي ابتعتها هيئة ناسا بالتعاون العلمي مع مختبر التسيير النفاث " (JPL) Jet Propulsion Laboratory لاستكشاف المريخ، والتي أطلقت في ١٢/٤/١٩٩٦ بعد شهر فقط من إطلاق Mars Global Surveyor، وبعد سبعة شهور استغرقتها في الرحلة هبطت في المنطقة من المريخ المسماة Ares Vallis في ٧/٤/١٩٩٧. بعد أن أجرت المركبة عمليات ضبط وتوافق طيران في ١٠ يناير و ٣ فبراير و ٦ مايو و ٢٥ يونيو، وبعد الهبوط أخرجت المركبة الروبوتية المسماة سوجولنر أو حرفيا: الإقامة المؤقتة "Sojourner" والتي كان عليها أن تتجز عدة تجارب مختلفة على وفي سطح المريخ، وكانت مزودة بوسائل علمية مختلفة تمكنها من تحليل الغلاف الجوي ومناخ وجيولوجيا ومكونات صخور وتربة المريخ.

• وهي كانت الرحلة الثانية من برنامج هيئة ناسا لاستكشاف هذا الكوكب الأحمر، ومن أهم ما كان يميزها، فضلاً عن النواحي العلمية، هو تحقيق أقل تكلفة ممكنة للرحلة مقارنة بأهدافها العلمية البالغة الأهمية، وإن كان البعض يمكنه النظر إليها على أنها مسألة البرهنة على بعض المفاهيم التقنية المستخدمة فيها، مثل مخدات الهواء المستخدمة في عملية الهبوط، والتجنب الآلي للعقبات وما نحو ذلك.

• «المساح الشامل للمريخ» Mars Global Surveyor:

• وهو اسم للمركبة الفضائية التي أرسلتها هيئة ناسا في ٧/١١/١٩٩٧ لتدور في مدار المريخ والتي استمرت في مهامها حتى ٧/١١/٢٠٠٦ والتي اعتبرت بمثابة عودة الولايات المتحدة للمريخ بعد غيبة استمرت طويلاً، وقد أتمت مهمتها الرئيسية في يناير ٢٠٠١ ثم انقطع إرسالها للأرض في نوفمبر ٢٠٠٦، بينما كانت في طور الامتداد الثالث للمهمة، ومن ثم بعد فشل أي

محاولة للاتصال بها أو الاستجابة منها، أعلنت ناسا رسميًا نهاية المهمة فى يناير ٢٠٠٧.

- المولد الكهربائى طراز فان دى جراف **Van de Graaff generator**:
- وهو عبارة عن آلة إلكتروستاتيكية **electrostatic** يستخدم فيها سير متحرك لتكديس أو تراكم كهرباء ذات فولتية عالية جدًا فى كرة معدنية مجوفة.
- والتطبيقات الحديثة لمثل هذه المولدات العالية الكهرباء تتمثل فى نقل حركة أنابيب أشعة إكس وتسريع الإلكترونات لتطهير الأغذية والمواد الأخرى، وكذا تسريع البروتونات فى مجال التجارب الفيزيائية النووية. وقد تسرّع الإنجازات الحديثة لهذا النوع من المولدات طاقة إلى ٥ ميجا فولت. ويمكن النظر إليها كمصدر لتيار مستمر متصل بالتوازي مع مكثفات ومقاومات عالية للكهرباء.
- ويتكون النموذج التقليدى لهذا المولد، الذى ابتكره عام ١٩٢٩ الفيزيائى روبرت ج. فان دى جراف **Robert J. de Graaff** بجامعة برينستون، من الآتى:

- مجال معدنى مجوف (موجب الشحنة الكهربائية).
- قطب كهربى متصل بالمجال، وشبكة مقاربة مكانيًا (ولكن ليست متصلة) مع القطب والسير.
- بكرة علوية (مثلًا من الزجاج الأكريلك).
- جانب من السير له شحنة كهربية موجبة، بينما الجانب الآخر منه له شحنة سالبة.
- بكرة معدنية أكثر انخفاضًا.
- قطب كهربائى منخفض (أرضى).

- خاصية مجالية ذات شحنة سالبة تستخدم لإخلاء المجال الرئيسى من الشحنات.

- شرارة تنتجها الاختلافات الممكنة الاحتمال والموجودة فى العملية.

• وبالطبع فقد تطورت كثيرًا، وإلى أحجام ضخمة حاليًا ليقوم بالعمليات المشار إليها فى المصدر من هذا التعريف.

• ميتوكوندريا Mitochondria:

• وهى تلك المكونات الدقيقة داخل الخلية ذات الشكل الكروى أو العصى (نسبة إلى العصا)، والتي تعتبر كمراكز مهمة لتوليد الطاقة عبر قيامها بأكسدة المواد الغذائية فى دورات وعبر نظم تنفس الهواء، ويعبر عنها بالعربية من خلال تعبير: متقدرات ومفردها: متقدرة.

• فى الخلية الحية تتكون الميتوكوندريا من غشاء خلوى (ذى خلايا) قوى باعتبارها هى التى تُكثّر من إمداد الخلية بعنصر ATP المستخدم كمصدر للطاقة الكيميائية، هذا وعدد المتقدرات داخل الخلية يتنوع بشكل واسع، إعتماذاً على نوع العضو الحى ونوع النسيج الخلوى فوجد كثيرًا من الخلايا تحتوى فقط على واحد منها، بينما خلايا أخرى تحتوى على عدة آلاف من المتقدرات.

• كما أن بعض وظائف المتقدرات تكون متخصصة الأداء فى أعضاء معينة، فهى فى الكبد مثلاً تحتوى على إنزيمات تسمح لها بأكسدة الأمونيا (مركب غازى عديم اللون والرائحة ويثير الأغشية المخاطية، ويتألف من النيتروجين والهيدروجين) والذي يعد من الفضلات والمنتجات المهملة من أبض البروتين. وأى تبادل فى وظائف الجينات هنا يعتبر مرضًا ميتوكوندريًا.

• ميكانيكا الكم Quantum Mechanics:

• مع عشرينيات القرن الماضي برز، بشكل متزايد، أن كثيرًا من الظواهر، خاصة المتصلة بالإشعاعات، تتحدى فيزياء نيوتن، التي تتعامل أساسًا مع الأحجام الكبيرة ولا تنطبق على الأحجام متناهية الصغر كالإلكترون وما شابه، ومن هنا ظهرت النظريات المسماة «ميكانيكا الكم» والتي تنحصر – بتبسيط شديد – فيما وجد بأنه إذا كان من الطبيعي أن كل جسيم يمكن التنبؤ بمكان وجوده، إذا عرفنا سرعته واتجاه تحركه، فإن الأمر ليس كذلك بالنسبة للإلكترون مثلاً، لأننا إذا عرفنا مكانه بدقة، أصبحت سرعته غير محددة إلا احتمالياً، وإذا عرفنا سرعته أصبح مكانه غير محدد إلا بالتقريب.

• ويمكن تقسيم تاريخ ميكانيكا الكم إلى ثلاث مراحل: الأولى كانت نظرية ماكس بلانك عن إشعاع الأجسام السوداء عام ١٩٠٠، والثانية عندما اقترح بوهر عام ١٩١٣ النظرية الكمية للطيف، أما الثالثة فهي التي أصبحت فيها النظرية رחماً لعدة نظريات متعددة على يد مجموعة من العلماء مثل هيزنبرج وغيره وصلت جميعاً إلى نتائج مثمرة بدت معها ميكانيكا نيوتن من قبيل التقليديات.

• ومن أبرز نتائج هذه النظرية فكرة محاولة التوحيد بين قوى الطبيعة الأربع في معادلة واحدة «unifying theory»، واكتشاف أشباه الموصلات، وظاهرة نفقية الإلكترونات، والدوائر المتكاملة، والمواد فائقة التوصيل، والألياف البصرية التي قام عليها تطور هائل في كل الأجهزة الإلكترونية، بالإضافة إلى أشعة الليزر، والرنين المغناطيسي، وغير ذلك الكثير مما أصبح معه الحصر مخرلاً، سواء فيما وقع بالفعل أو ما هو متوقع بالنسبة لسائر التطبيقات.

• الإدارة الوطنية الأمريكية لعلوم الطيران (ناسا) National Aeronautics and Space Administration (NASA):

- هيئة وطنية أسستها الولايات المتحدة في ٢٩/٧/١٩٥٨ بواشنطن العاصمة ومينائها هو مركز كيندي للفضاء تحت شعار محرر باللغة اللاتينية ويعنى: «إلى النجوم وسط المصاعب» أو «الطريق الصعب المؤدى للنجوم» **To the Stars through difficulties** - ويعمل بها حوالى ١٠٠٠ من الموظفين بعقد مؤقتة وبلغت ميزانيتها عام ٢٠٠٧ مبلغ ١٦,٨ بليون دولار.

- يشارك فى المؤسسة عدد من الدول هى: الأرجنتين وأستراليا وشيلي وفرنسا ونيوزيلندا والنرويج والمملكة المتحدة (إنجلترا) وروسيا إلى جانب الولايات المتحدة الأمريكية.

- وتعتبر المسؤولة عن البرنامج الفضائى لتلك الدول وأبحاثها العلمية الممتدة، مدنية كانت أو عسكرية، وفى عام ٢٠٠٦ وصفت نفسها بأنها رائدة المستقبل فيما يتعلق بالكشوف الفضائية والعلمية وبصفة خاصة كل ما يتعلق بعلم الطيران.

• النظام الرقمى الثنائى Pinary number system:

- يستخدم الرقم الثنائى فى الرياضيات كقاعدة فى النظام الافتراضى الرقمى والذى يتطلب رمزين مختلفين (١)، (صفر) وأهمية النظام الثنائى الرقمى لنظرية المعرفة وتكنولوجيا المعلومات ترجع لملاءمته، لتمثيله إلكترونياً فهو يعرض النظم التى تشتمل على أمر من اثنين مثل «تشغيل / إنهاء» أو «مفتوح / مغلق» أو «أذهب / لا تذهب» وهكذا.

• نظام بيئى Ecosystem:

- ويقصد بالكلمة الوحدة الطبيعية بما تشمله هذه الوحدة من نباتات وحيوانات ونظم ميكروبية (أى نظم حية) فى منطقة معينة تقوم جميعاً بوظائفها فى حالة تتأغم بينها وبين كل العوامل الفيزيائية الأخرى غير الحية فى ذات البيئة.

- وكان قد صاغ هذا المصطلح روى كلافام Roy Clapham عام ١٩٣٠، ليدل به على المحتوى الفيزيائي والبيولوجي في بيئة ما يعتبرون فيها على صلة كل منهم بالآخر في وحدة متعاونة، إلا أنه بعد ذلك قام البيئي آرثر تانسلي Arthur Tansley بإصلاح دلالة المصطلح، ليعنى به النظام التفاعلي الذي يتأسس بين مجموعة من الكائنات الحية والبيئة التي يعيشون فيها.
- والمعنى المركزي هنا أن العضويات الحالية دائماً ما تعمل في وضع يقوم على العلاقة مع العوامل التي تتكون منها البيئة التي يعيشون فيها بما يتعارض مع الطبيعة البشرية التي تميل إلى الانقسام إلى مجموعات وطبقات، حيث تكون المقدمة الطبيعية لذلك أن كل الأنواع البيئية تندمج مع بعضها البعض، وكذا مع كل العناصر غير الحية في البيئة.
- وعليه، فإن المصطلح يمكن أن يحيط وأن يناقش على مستوى تعدد هائل ليصف أي منطقة تقع فيها صلات بين الأعضاء الحية وبيئتها. وقد تكون هذه البيئة صغيرة كمنزل للإقامة أو جامعة أو متسعاً كحالة أمه، ومن أمثلة ذلك: النظام البيئي المائي أو الصحراوي أو البشري أو البحار الكبرى أو الغابات الممطرة أو إقليم السافانا أو إقليم التاندر أو الإقليم الحضري ... إلخ.
- ولأن المصطلح عادة ما يستخدم في مجالات البيئة، إلا أنه قد تكيفت معه نظم أخرى واستخدمته مثل الأنظمة الإنسانية anthroposystems والأنظمة الاقتصادية والأنظمة المعرفية وهكذا.
- نظرية المباراة (الألعاب) Games theory:
- صمم هذه النظرية كل من الرياضي المجري المولد والأمريكي الجنسية جون فون نيومان "John Von Neuman" وزميله الاقتصادي الألماني المولد والأمريكي الجنسية أيضاً أوسكار مورجينسترن Oskar Morgenstern، وذلك في كتابهما بعنوان: «نظرية المباراة والسلوك الاقتصادي» إذ تقول النظرية

إن الاقتصاد يشبه المباراة التي يتخذ فيها اللاعبون قراراتهم بناء على تحركات لاعبين آخرين، ومن ثم تتطلب نوعاً جيداً من الرياضيات تكون السيطرة فيه للعقل وغير متروكة للمصادفة البحتة وبحيث يتجاوز الأمر النظرية التقليدية للاحتتمالات.

• وعليه فمن خلال استكمال النظرية عبر دراسات مكثفة استعانت بعلم الرياضيات، تم استخدام النظرية في كل مناحي الحياة تقريباً.

• النظرية النسبية Relativity theory:

• هذه التسمية تعنى فعلياً نظريتين: النظرية النسبية الخاصة التي اقترحها أينشتاين عام ١٩٠٥ (نظرية السرعات العالية)، والنظرية النسبية العامة التي طورها ما بين عامي ١٩٠٧ و ١٩١٥ (نظرية الجاذبية).

• تتعلق النسبية الخاصة بصفات الزمان والمكان حيث تدمجها معاً في متصل واحد يعرف بالزمكان، وقد أدت الفروض التي قامت عليها النظرية (وهي تتناقض مع الميكانيكا الكلاسيكية التي أسسها نيوتن) إلى مجموعة من النتائج المذهلة منها:

١- استطالة الزمن. ٢- تقلص الطول. ٣- نسبية الآنية.

٤- تكافؤ الكتلة والمكان باعتبارهما شكلين لنفس الكمية تربطهما العلاقة الشهيرة « $E=mc^2$ » حيث E = الطاقة، و M = الكتلة، C = سرعة الضوء.

• أما النسبية العامة فهي عن الجاذبية (الثقالية) والمبنية على مبدأ التكافؤ «الحركة المتسارعة فيزيائياً تكافئ السكون في مجال الجاذبية» على سطح الأرض مثلاً، فالجسم الذي يهوى (في الفراغ) من مرتفع، يمكن القول بأنه يهوى لأن هذا هو السلوك المتوقع منه، عندما لا تؤثر عليه قوة، بدلاً من القول بأنه يهوى بتأثير قوى الجاذبية. ومرة أخرى يتناقض هذا مع ميكانيكا

نيوتن، بل مع النسبية الخاصة أيضاً، وإن كان أينشتاين في تطويره قد عمد إلى حل هذا التناقض، هذا وقد أثمرت النظرية العامة عدة نتائج بدورها هي:

١. استطالة الزمن الثقالية، فالزمن أبطأ كلما زاد مجال الجاذبية.

٢. انحراف أشعة الضوء (الفوتونات عديمة الوزن) في وجود مجال جاذبية.

٣. تمدد الكون، وأن الأجزاء البعيدة تبتعد عنا بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وهذه النتيجة بالذات لا تتناقض مع النسبية الخاصة لأن الفضاء يتمدد.

٤. الكتل التي تدور، تسحب معها الجزء المحيط بها من الزمكان.

• تختصر النظرية في معادلة بسيطة « $E=mc^2$ ».

• نظرية المعرفة الحاسوبية **Algorithmic information theory**:

• إجراء رياضي تصنيفي تتحصل عنه ومن خلال عدد نهائي من المراحل إجابة عن سؤال أو حلاً لمشكلة. والأمر في هذه الحالة لا يخرج على نوعين: الأول مثل هل العدد الصحيح هو عدد أولي؟ وهو ما يعرف بالسؤال التحديدي أي أن الإجابة عنه تكون بنعم أو لا، أما النوع الثاني فهو «ما هو أكبر ما يمكن قسمة عدد صحيح عليه؟» ويصنف كسؤال تقديري لأن الإجابة عنه تكون برقم محدد.

• الانفجار الكبير... الانسحاق الكبير **Big bang... big crunch**:

• وتقول هذه النظرية إن الكون بدأ من بذرة يقل حجمها عن رأس الدبوس (أقل شيء يمكن أن يوجد) ويطلق عليها اسم مفردة "singularity"، ثم انفجرت فيما يعرف بالانفجار الكبير والذي احتوى على كل ما في الكون من مادة وطاقة ومجرات وكواكب وكذلك المخلوقات (وقد حدد بلانك ساعة الصفر لهذا الانفجار بما يعادل واحداً وعلى يساره ٤٣ صفراً ثم فاصلة، والذي يعرف

بزمن بلانك) - وهذه المجرات مستمرة في التباعد والتوسع عن بعضها البعض بصورة متناهية وفي جميع الاتجاهات وبنفس المستوى، وإلى أبعد ما تستطيع إدراكه وسائل الملاحظة المتاحة حاليًا، ومعنى ذلك أن كل العناصر تولدت في النصف ساعة الأولى من الانفجار ومن ثم لا يتم تشكيل عناصر أخرى.

• وهى النظرية السائدة الآن بين جبهة العلماء والفلاسفة.

• وهناك أيضًا نظرية تعرف باسم الكون النابض **pulsating universe** تقول بأن المادة تتطاير متناثرة من كتلة منضغطة، ولكنها سوف تبدأ بالتقلص جراء الجاذبية المشتركة لأقسامها المختلفة، فيما يسمى بالانسحاق الكبير إلى أن تصل إلى درجة معينة من التركيز والكثافة تنفجر معها من جديد، ومن خلال هذه العملية وتكرارها، فإن المادة تتخلق ولا تزال، بل يعاد توزيعها مرة بعد أخرى.

• اليدوية (الخيرالية) **Chirality**:

• وينحدر التعبير من لفظة إغريقية تعنى «يد»، والمقصود بها خاصية تتعلق باللا تماثل أو اللا تساوق، ولها أهمية فى عدة أفرع من العلم، ويطلق على الشيء أو النظام بأنه يدوى «**chiral**» إذا اختلفت صورته فى المرآة عنه، وأصبح من غير الممكن تركيب هذه الصورة على الأصل، وحينئذ يطلق على الشيء، صورته فى المرآة مصطلح **enantiomorphs** (بما يعنى عند الإغريق: أشكالاً متعاكسة أو متضادة) خاصة عندما يكون الأمر متعلقاً بالجزئيات.

• عندما تتحرك جسيمات بسرعة تقارب سرعة الضوء فإنها - طبقاً للنظرية النسبية - يحدث لها انكماش فى اتجاه حركتها، وبالتالي لا تصبح قادرة على الدوران إلا حول محور يتجه اتجاه حركتها - والآن كى نتصور هذا الدوران

– فلنواجه إبهامى يدينا فى اتجاه الحركة. فتلاحظ أن أصابع اليد اليمنى تدور حول إبهامها فى اتجاه يخالف اتجاه دوران اليد اليسرى. وهكذا يمكننا تصنيف دوران الأجسام التى تسير بسرعة على أنه دوران يمينى الخيرالية أو اليسارى الخيرالية.

- وسنجد مثلاً أنه من بين الـ ٢٣٠ «مجموعة فضائية معروفة من المتبلورات الفضائية، هناك ٦٥ مجموعة فقط من النوع الخيرالى.
- ولمزيد من إيضاح الأمر فإن المثال الأشهر لذلك هى اليد البشرية، حيث لا يمكن تركيب صورة اليد اليمنى فى المرأة على اليد اليسرى، مهما كان اتجاه اليمين، وهذا يبدو عندما يحاول المرء مصافحة الآخر، إذا كان هذا الآخر ممن يستخدمون اليد اليسرى (أشول)، أو إذا ما حل جوائتى اليد اليمنى محل جوائتى اليد اليسرى، ولأن هذا الأمر معروف عالمياً، فإنه يكتفى عند تصميم الأشياء من هذا النوع بـ «اليد اليمنى» و «اليد اليسرى».
- وعلى ذلك فإن الجزئ اليدوى، هو الذى لا يمكن مطابقة صورته المرآوية عليه، وهو أمر يحظى بالأهمية بالنظر لتطبيقاته فى الكيمياء للجسيمية (المعنية بترتيب الذرات المكونة للجزئ) stereochemistry، والكيمياء العضوية وغير العضوية، والكيمياء الفيزيائية، والكيمياء الحيوية.
- وإن كان التعبير يستخدم أحياناً فى موضوعات غير علمية، فهو يشير على الأخص إلى بعض الجزيئات فى مجال الكيمياء، ولبعض الموضوعات فى الرياضيات، وإلى بعض العناصر التحت ذرية فى أمور الفيزياء.

• **الين واليانج Yin and Yang:**

- هو اختصار تقليدى صينى بقصد تعميم التضاد أو العلاقة المتبادلة لموضوعات بعينها فى العالم الطبيعى بحيث تصبح وحدة للتناقضات، ويطلق عليها بنفس المعنى Liang Yi، أى السماء والأرض، وهو المفهوم الذى، إما

بترتيب الحروف عاليه أو فى كلمة واحدة **Yin-Yang**، يتجذر أصلا فى كوريا فلسفيا وميتافيزيقيا وهو الذى يصف المبادئ الأولية المتعارضة - وإن كانت تتكامل مع بعضها - فى القوى الكونية الموجودة فى كل شىء أو عمليات غير ثابتة.

- دائما ما تعنى الين: المكان الظليل، المنحدر الشمالى، الشاطئ الجنوبى، السعى لأسفل، المنطقة التى تغطيها السحب، الجزء المغمور، الأثنوى وعلى الجملة، فهى تتطابق مع الليل وغالبا ما يرمز إليها بالمياه والهواء والظلمة، بينما تعنى اليانج: المكان المشمس، المنحدر الجنوبى، الشاطئ الشمالى، إشراق الشمس، إنه إذن العامل المشرق النشط المضىء الذكرى، السعى لأعلى ويتطابق مع النهار، وغالبا ما يرمز إليه بالنار والأرض.

- وعلى ذلك فإن هذا الانقسام الثنائى **Yin / Yang** يمكن النظر إليه على أن كل القوى فى الطبيعة تملكهما معا وأن كليهما فى حالة حركة دائمة أكثر من كونهما فى ركود مطلق.

المؤلف فى سطور:

بول ديفيز

- حصل على الدكتوراه من قسم الفيزياء بجامعة لندن عام ١٩٧٠، وشغل عدة مناصب أكاديمية متعددة بجامعات: كامبريدج ولندن ونيوكاسل وألريد وكوينزلاند وماكوير والكلية الملكية بلندن، كما يحمل ثمانى عضويات بمنظمات علمية احترافية دولية وخمسًا أخرى بكل من أمريكا وأستراليا، فضلاً عن الصفة الاستشارية لأكثر من ١٥ مؤسسة ومجلس إدارة ومراكز بحث ودور نشر ومعاهد جميعها تتصف بالصيغة العلمية.
- يشغل حالياً وظيفة أستاذ للفلسفة الطبيعية فى المركز الاستشارى للبيولوجيا الفلكية بجامعة ماكوير **Maquarie**.
- يكتب بشكل شبه منتظم لبعض الجرائد اليومية والصحف الدورية والمجلات البارزة فى عدة دول، لتغطية مجالات علمية ووجهات النظر السياسية والاجتماعية للعلم والتكنولوجيا، فضلاً عن عضويته فى الممنتدى الاقتصادى العالمى **World Economic Forum**.
- أقام عدة مؤتمرات علمية بمعظم الجامعات المشار إليها حول الفلك والفيزياء والرياضيات؛ كما تشمل أوراقه البحثية والموضوعات الأثيرية لديه، والتي تدل عليها عناوين كتبه الموجودة بقائمة كاملة هنا، التى بلغت أكثر من ٢٠ مؤلفاً ترجمت لأكثر من ٢٠ لغة.
- له باع طويل فى ميادين الإذاعة والتلفزيون، مشاركاً فى حلقات نقاش، ومتحدثاً فى سلسلة حلقات علمية تصل الحلقة فيها إلى ٤٥ دقيقة أذيعت فى

الـ BBC والتي حققت نجاحاً ملحوظاً وتحولت إحداهما إلى كتاب حول نظرية «الأوتار الهائلة»، الذي أكسبه زمالة الكتاب العلميين، كما شملت الحلقات موضوعات مثل: «مهد النشأة الأولى» و «الأسئلة الكبرى» و «مزيد من الأسئلة الكبرى».

- فاز بعدة جوائز علمية يصعب حصرها هنا، ومن بينها مما تجب الإشارة إليه، فوزه بجائزة جامعة جنوب ويلز عام ١٩٩٢ عن كتاب العام العلمى، وذلك بمناسبة مؤلفه المعنون «عقل الله» (وهو بحث علمى فى أصل الكون)^(*). وفى عام ١٩٩٥ فاز بجائزة تمبلتون عن «التقدم العلمى» وهى أكبر جائزة دولية عن الموضوعات الإبداعية فى المجال، والتي قدمها له الأمير فيليب بحفل أقيم فى كنيسة ويستمنستر أمام جمع من الحضور فى حدود ٧٠٠ مدعو.
- ربما لجميع هذه الأنشطة انتخب عام ١٩٩٩ عضواً بالجمعية الملكية للأدب.
- فوق ذلك كله - ومعه - اكتسب خبرات معتبرة فى مجال إدارة الكليات والمعاهد العلمية والتدريس بها، فضلاً عن العديد جداً من الأوراق البحثية التي يعد من أبرز إنجازاتها ما يلي:-

١. نجح فى وضع مخطط لفهم فكرة «فيزياء تماثل الزمن قبلاً والآن»، مما ساعد على إحداث تقدم ما فى هذا الموضوع «سهم الزمن».

٢. وجد مع آخرين فى منتصف السبعينيات أن ثمة فوتونات تنتج من استتارة سطح عاكس بشكل عنيف، ورغم ضعف تأثير الظاهرة، فقد أثمرت فى مجال ظهور ومضات ضوء أو صوت داخل وسط سائل.

(*) وقد قمت بترجمته إلى العربية بعنوان: «الاقتراب من الله» وهو الآن قيد الطبع، لدى المركز القومى للترجمة. (المترجم).

٣. توصل إلى حالة أو وضع أبسط مشابه لما أعلن عنه هوكنج من أن الثقوب السوداء ليست كذلك، وإنما هي بالنسبة لملاحظ بعيد، تنفث حرارة راديوية، وهو النموذج الذي وصل إلى مثله بعد عام ويليام أورو **William Uuru** وهي الظاهرة التي أصبحت تعرف بـ «تأثير أورو» وأحياناً بـ «تأثير أورو / ديفز» وذلك منذ منتصف السبعينيات من القرن الماضي.

٤. اكتشف مع آخرين أيضاً أن الظاهرة التي يطلق عليها أساساً الشذوذ في البعد الزاوي لكوكب سيار في أقرب نقطة له إلى الشمس، تمثل إخراجاً لمحتوى مجالات الكم في تفاعلها مع مجالات أخرى.

٥. في منتصف السبعينيات أيضاً، وضع بالمشاركة مع تلميذه تيم بنش **Tim Bunch** ما يعرف باسم «الحالة الفراغية الكمية لـ: نيش / ديفز».

٦. وفي عام ١٩٧٧ اكتشف حقيقة مهمة عن خواص الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء.

٧. في عام ١٩٨١ عثر على حل ممكن للمعضلة الدائمة للكون والمعروفة حالياً باسم «معضلة الطاقة السوداء».

٨. في بداية التسعينيات اقترح أن الحياة ربما بدأت فوق كوكب مارس، ثم انتشرت فوق الأرض، (أو العكس) على صخور قُذِف بها بواسطة مذنبات هائلة احتوت على أى منهما، وبعد سنوات من التشكك في هذا الاقتراح نوقش الأمر موسعاً بمعرفة جى ميلوش **Jay Melosh**، ولكن الفكرة الرئيسية أصبحت مقبولة من قبل علماء البيولوجيا الفلكية.

٩. فاز عام ٢٠٠٢ بجائزة ميشيل فاراداي **Michael Faraday**.

"The Physics of Time Asymmetry" Surrey University Press / University of California Press (1974).

"Space and Time in the Modern Universe" Cambridge University Press (1977).

"The Runaway Universe" J. M. Dent (1978).

"The Forces of Nature" Cambridge University Press (first edition 1979; second edition 1986).

"Other Worlds" (UK server) J. M. Dent (1980).

"The Edge of Infinity" J. M. Dent (1981).

"The Search for Gravity Waves» Cambridge University Press (1980).

"The Edge of Infinity" (UK server) J. M. Dent (1981); revised edition, Penguin (1994).

"The Accidental Universe" Cambridge University Press (1982).

"Quantum Fields in Curved Space" (with N.D. Birrell) Cambridge University Press (1982).

"God and the New Physics" (UK server) J. M. Dent (1983).

"Superforce (UK server)". Heinemann (1984); revised edition, Penguin (1995).

"Quantum Mechanics" Routledge & Kegan Paul (1984); second edition, Chapman & Hall (1994).

"The Ghost in the Atom" (with J. R. Brown) Cambridge University Press (1986).

"Fireball» Heinemann (1987).

"The Cosmic Blueprint" (UK server) Heinemann (1987); revised edition, Penguin (1995).

"Superstrings: A Theory of Everything?" (with J.R. Brown). Cambridge University Press (1988).

"The New Physics" (ed.) Cambridge University Press (1989).

(*) "The Matter Myth" (UK server) (with J. Gribbin) Simon & Schuster ? Viking (1991).

() "The Mind of God" (UK server) Simon & Schuster ? (1992).**

"The Last Three Minutes" Basic Books / Weidenfeld & Nicolson (1994).

(*) "About Time" (UK server) Simon & Schuster ? Viking (1995).**

"Are We Alone ?" (UK server) (1995).

"The Big Questions": Paul Davies in Conversation with Phillip Adams Penguin (1996).

"More Big Questions". ABC Books (1998).

"The Fifth Miracle" (UK server) Penguin / Viking (1998).

(**) "How to Build a Time Machine" Penguin 2001.**

**"The Origin of Life" Penguin Books 2004 – Arevised and
detailed edition of his book "The Fifth Miracle".**

المترجم فى سطور:

منير شريف

- من مواليد ١٩٣٩ بالمنصورة محافظة الدقهلية.
- حاصل على ليسانس الحقوق من جامعة عين شمس فى يناير ١٩٦١.
- حاصل على ليسانس الآداب قسم فلسفة من جامعة القاهرة فى مايو ١٩٧٣.
- حاصل على وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى عام ١٩٨٣ ودبلوم المعهد العالى للنقد الفنى بأكاديمية الفنون صيف ١٩٨٥.

المراجع فى سطور: عادل يحيى أبو المجد

المؤهلات العلمية:

- دبلوم فى الفيزياء النظرية النووية من جامعة موسكو (روسيا) ١٩٦٣.
- دكتوراه الفلسفة Ph.D. فى الفيزياء الرياضية من جامعة خاركوف (أوكرانيا) ١٩٦٦م.
- دكتوراه العلوم D.Sc. فى الفيزياء النظرية من جامعة القاهرة ١٩٧٩م.

الوظائف:

- تدرج فى الوظائف من معيد إلى أستاذ، مروراً بهيئة الطاقة الذرية وكلية العلوم جامعة القاهرة وجامعة الملك عبد العزيز بالسعودية، وأستاذًا زائرًا بمعهد ماكس بلانك للفيزياء النووية بها يدهلبرج بألمانيا، ثم جامعة ويسكونس بالولايات المتحدة الأمريكية، ثم أستاذًا بقسم الرياضيات بكلية جامعة الزقازيق، وخلال ذلك معارًا إلى جامعة الإمارات العربية المتحدة أستاذًا بقسم الرياضيات.
- وحاليًا أستاذًا للفيزياء بكلية الهندسة جامعة سيناء.

عضوية الجمعيات العلمية:

- عضو مشارك بالمركز الدولي للفيزياء النظرية فى تريستا بإيطاليا منذ ١٩٦٨م.

- زميل جمعية ألكسندر فون هومبولدت في بون بألمانيا منذ ١٩٧٤م.
- عضو اللجنة الاستشارية بالمعهد الدولي للفيزياء النظرية والتطبيقية في «أيوا» بالولايات المتحدة الأمريكية منذ ١٩٩٥م.

الجوائز والأوسمة:

- جائزة الدولة التشجيعية للعلوم الفيزيائية مرتين عامي ١٩٦٩م، و١٩٧٧م.
- وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى عام ١٩٧١م.
- وسام الاستحقاق من الطبقة الثانية عام ١٩٧٩م.
- حصل مؤخرا على جائزة الدولة للتفوق العلمي من عام ٢٠٠٨.

التصحيح اللغوي: عزت سلامة

الإشراف الفني: حسن كامل

يتصدى المؤلف باقتدار علمى وتقنى لشرح معنى الحياة، والنظريات المختلفة التى عرضت سيناريوهات متخيلة عن بدئها ورأيه فى كل منها ومدى خضوع أفكار هذه النظريات لقوانين الفيزياء المستقرة فى العلم الحديث (بصفة أخص) مثل النظرية النسبية ونظرية الكم ونظرية التربيع العكسى، وما يفرضه قانون الديناميكا الحرارية.

الكتاب أيضا يحفل بحلول للمعضلات التى يثيرها السؤال المطروح والمفاجآت العلمية التى تخطف الأنفاس ولعلنى أفتح شهية القارئ بمثال واحد: العثور على كائنات حية تعيش فى مستعمرات مزدهرة ومتنامية بالقرب من فوهات براكين أعماق المحيطات، وعند درجة حرارة تتراوح ما بين 115 إلى 160، وكائنات غيرها تعيش بالازدهار نفسه فى أعماق جلاميد الثلج بقارة أنتاركتيكا بالقطب المتجمد الجنوبي، ثم العثور على فئات أخرى من الكائنات تتغذى فقط على أغرب ما يمكن أن يشطح إليه الخيال مثل المواد الكيميائية السامة أو الحديد أو القار أو الإسمنت... إلخ...
اقرأ... وجرب لذة الاكتشاف.

Bibliotheca Alexandrina



0742957